

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA KRAJINSKO ARHITEKTURO

Špelca MIKELJ

**IZKORIŠČANJE VETRA V SV SLOVENIJI
NEKOČ IN DANES –
VPLIV NA VIDNE KAKOVOSTI OKOLJA**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**WIND HARVESTING IN NE SLOVENIA
ONCE AND NOWADAYS–
VISUAL LANDSCAPE IMPACT**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2006

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija krajinske arhitekture. Opravljeno je bilo na Oddelku za krajinsko arhitekturo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za krajinsko arhitekturo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Janeza Marušiča.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik prof. dr. Marko Polič
Univ. v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za psihologijo

Član: prof. dr. Janez Marušič
Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo

Član: doc. dr. Mojca Golobič
Urbanistični inštitut Republike Slovenije

Datum zagovora:

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Špelca Mikelj

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	711:504.05:533.662:621.311.245(497.4-18)(043.2)
KG	ranljivost okolja/ vplivi na okolje/ vidni vplivi/ mlini na veter/ vetrne elektrarne
AV	MIKELJ (ŠTRUCELJ PÖSCHL), Špelca
SA	MARUŠIČ, Janez (mentor)
KZ	SI - 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo
LI	2006
IN	IZKORIŠČANJE VETRA V SV SLOVENIJI NEKOČ IN DANES – VPLIV NA VIDNE KAKOVOSTI OKOLJA
TD	Diplomsko delo
OP	XIII, 105 [17] str., 28 pregl., 58 sl., 1 pril., 66 vir.
IJ	sl
JI	sl/ en
AL	izvleček

Za uresničitev zahtev kjotskega protokola mora Slovenija del fosilnih energentov nadomestiti z alternativnimi viri energije, eden izmed njih je tudi veter. Izraba vetra v energetske namene je v Z in S Evropi zelo uspešna, v Sloveniji pa še iščemo ustrezne lokacije za postavitev vetrnih elektrarn, zlasti na Primorskem. V SV Sloveniji je v 19.-20. st. delovalo nekaj 100 mlinov na veter, klopotce pa tu postavljajo še danes. Očitno so prostorske danosti tu primernejše, kot v drugih delih Slovenije. Cilj naloge je bila preveritev, če so lokacije nekdanjih mlinov na veter ustrezne za sodobne vetrne elektrarne. Uporabljena je bila metodologija primerjave kriterijev privlačnosti in analize ranljivosti prostora za umeščanje obeh dejavnosti, s poudarkom na vplivih na vidne kakovosti okolja. Podatke o tem smo pridobili z anketno raziskavo v dveh skupinah ljudi – laikov in strokovnjakov, ljudi različnih profilov, ki se poklicno ukvarjajo z urejanjem prostora. Enotno mnenje anketirancev je bilo, da bi vetrne elektrarne povzročile močno degradacijo okolja, znižale ugodnosti pri čustvenem doživljanju krajine, torej, da so vetrne elektrarne neskladne z okoljem in vizualno neprijetne. Sodobne vetrne elektrarne so razvojna nadgradnja nekdanjih mlinov na veter, a se močno razlikujejo tako v kriterijih privlačnosti kot ranljivosti okolja. Iz navedenega izhaja, da v obravnavanem območju ni ustreznih lokacij za sodobne vetrne elektrarne.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
 DC 711:504.05:533.662:621.311.245(497.4-18)(043.2)
 CX vulnerability/ environmental impacts/ visual impacts/ windmills/ windfarms
 AU MIKELJ (ŠTRUCELJ PÖSCHL), Špelca
 AA MARUŠIČ, Janez (supervisor)
 PP SI - 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
 PB Univ. of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Landscape Architecture
 PY 2006
 TI WIND HARVESTING IN NE SLOVENIA ONCE AND NOWADAYS – VISUAL
 LANDSCAPE IMPACT
 DT Graduation Thesis (University studies)
 NO XIII, 105 [17] p., 28 tab., 58fig., 1 ann., 66 ref.
 LA sl
 AL sl/ en
 AB abstract

To fulfil the Kyoto Protocol Slovenia has to replace some of its fossil fuels with alternative or renewable energy sources, the power of the wind being one of them. Wind harvesting for energetic purposes has proved very successful in the N and W Europe, while in Slovenia, we are still searching for the most suitable locations, especially in the Primorska region. In the past two centuries there were some 100 windmills in the NE Slovenia, while flappers are still being erected in the vineyards of that region nowadays. Obviously the local characteristics there are more suitable for wind harvesting than in other parts of Slovenia. The goal of this thesis was to check whether the locations of the old-time windmills were suitable for the modern wind farms. The methodology used was the comparison of the amenity, attractiveness criteria and the analysis of the landscape vulnerability for the wind farms installation, with the emphasis on the visual landscape impact. The data were gathered from the public opinion survey on 2 groups: laics and different experts - professionals in the open space regulations. The common opinion showed that the wind farms would cause the environmental degradation, lower the emotional experience of the landscape, thus they would be disharmonious with the landscape and visually unpleasant. Although the modern wind farms are way more sophisticated than the old-time windmills, the differences in the amenity criteria and the analysis of the landscape vulnerability is huge. Therefore the conclusion is, that in the NE region of Slovenia there are no suitable locations for the modern wind farms.

KAZALO VSEBINE

	Ključna dokumentacijska informacija	str. III
	Key words documentation	IV
	Kazalo vsebine	V
	Kazalo preglednic	VIII
	Kazalo slik	X
	Kazalo prilog	XIII
1	UVOD	1
1.1	PROBLEM	2
1.2	CILJI NALOGE	3
1.3	DELOVNA HIPOTEZA	3
2	KJOTSKI PROTOKOL	4
3	OBNOVLJIVI - ALTERNATIVNI VIRI ENERGIJE	6
3.1	IZVOR OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE	7
3.2	ZNAČILNOSTI OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE	7
4	VETER	10
4.1	GLOBALNI VETROVI	10
4.2	LOKALNI, POVRŠINSKI VETROVI	11
4.3	ENERGIJA IN MOČ VETRA	12
4.4	ATLAS VETRA – POTENCIAL ENERGIJE VETRA	13
4.5	ZNAČILNOSTI VETRA NA SLOVENSKEM	18
4.6	IZRABA VETRA NEKOČ	20
4.6.1	Slovenske izkušnje	22
4.6.1.1	Mlini na veter	22
4.6.1.2	Klopotec	31
4.6.1.3	Roža vetrov	32
4.7	IZRABA VETRA DANES	34
4.8	NAČRTI V SLOVENIJI	35
4.9	SESTAVNI DELI SODOBNEGA VETRNEGA GENERATORJA	38

4.9.1	Nosilni steber ali stolp	39
4.9.2	Ohišje vetrnega generatorja	40
4.9.3	Rotor	40
4.9.4	Povečevalnik hitrosti – multiplikator	41
4.9.5	Zavorni sistem	41
4.9.6	Sklopka	41
4.9.7	Električni generator	42
4.9.8	Sistem za spreminjanje smeri - pogon za usmerjanje vetrnice v veter	42
4.9.9	Sistem za zmanjševanje hrupa	42
4.9.10	Regulator	43
4.9.11	Merilniki smeri in hitrosti vetra	43
4.9.12	Transformator in javno električno omrežje	43
5	OPIS POSEGA – GRADNJE IN OBRATOVANJA VETRNIH ELEKTRARN	44
5.1	PRIVLAČNOST PROSTORA ZA IZKORIŠČANJE VETRA	45
5.2	RANLJIVOST OKOLJA ZARADI VETRNI ELEKTRARN	46
5.2.1	Vplivi na naravno okolje	47
5.2.1.1	Vpliv na geosfero - geološke in geomehanske značilnosti, relief	47
5.2.1.2	Vpliv na pedološke značilnosti	49
5.2.1.3	Vpliv na hidrosfero – na površinske in podzemne vode	51
5.2.1.4	Vplivi na atmosfero - klimo	54
5.2.1.5	Vpliv na biosfero	56
5.2.2	Vplivi na prostor kot naravni vir	58
5.2.2.1	Kmetijska zemljišča	59
5.2.2.2	Gozd	59
5.2.2.3	Vodni viri	59
5.2.2.4	Mineralni viri	60
5.2.3	Vplivi na bivanjske kakovosti okolja	60
5.2.3.1	Vpliv na vidne kakovosti okolja	60
5.2.3.2	Hrup	61
5.2.3.3	Vpliv na šport, rekreacijo, turizem	61
5.3	VIDNI VPLIVI VETRNIH ELEKTRARN	62

5.4	MODELI RANLJIVOSTI	64
5.4.1	Model ranljivosti tal in reliefa	65
5.4.2	Model ranljivosti narave	65
5.4.3	Model ranljivosti bivalne kakovosti	66
5.4.4	Model ranljivosti krajinske slike	67
5.4.5	Združevanje modelov ranljivosti – skupna ranljivost prostora	68
5.5	ANALIZA USTREZNOSTI	68
6	OSNOVE ANKETIRANJA	70
6.1	ZASNOVA ANKETE	71
6.2	ZASNOVA VPRAŠALNIKA	72
6.3	IZVEDBA ANKETE	72
6.4	ANALIZA REZULTATOV	72
6.4.1	Prvi sklop vprašanj – demografski podatki anketirancev	72
6.4.2	Drugi sklop vprašanj – poznavanje tehnologije vetrnih elektrarn in energetske problematike	74
6.4.3	Tretji sklop vprašanj - fotomontaže vetrnih elektrarn	80
6.5	INTERPRETACIJA REZULTATOV ANKETNE RAZISKAVE	89
7	RAZPRAVA IN SKLEPI	93
7.1	RAZPRAVA	93
7.2	SKLEPI	97
8	VIRI	99
8.1	CITIRANI VIRI	99
8.2	DRUGI VIRI	105
	ZAHVALA	
	PRILOGA A	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Gostota moči različnih obnovljivih virov energije (Medved in Novak, 2000: 35)	8
Preglednica 2: Maksimalni prispevki »novih« obnovljivih virov energije (Energija..., 1994: 91)	8
Preglednica 3: OVE in vplivi na okolje	9
Preglednica 4: Hrapavost terena (Danish..., 2003)	17
Preglednica 5: Beaufortova skala (citirano po Sailing..., 2006)	17
Preglednica 6: Spolna struktura anketirancev (vprašanje 1)	72
Preglednica 7: Starostna struktura anketirancev (vprašanje 2)	73
Preglednica 8: Zahteve kjotskega protokola (vprašanje 6)	74
Preglednica 9: Ali je potrebno izvajanje kjotskega protokola (vprašanje 7)	75
Preglednica 10: Ali vetrne elektrarne lahko povzročajo naslednje pojave (vprašanje 9)	76
Preglednica 11: Kakšne vplive na okolje povzročajo vetrne elektrarne (vprašanje 10)	77
Preglednica 13: Strnjena območja mlinov na veter (vprašanje 14)	79
Preglednica 14: Ali bi na prostoru, kjer so nekoč stali mlini na veter, danes lahko postavili sodobne vetrne elektrarne (vprašanje 16)	80
Preglednica 15: Sladka gora – Dolga gora - koliko je posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 17)	81
Preglednica 16: Zg. Gabnik - koliko je posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 18)	82
Preglednica 17: Boč - koliko je posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 19)	82
Preglednica 18: Kamnolom Poljčane - koliko je posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 20)	83
Preglednica 19: Pesniška dolina - koliko je posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 21)	84
Preglednica 20: Jakobski dol - koliko je posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 22)	84
Preglednica 21: Vukovski dol - koliko je posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 23)	85

Preglednica 22: Vinograd- koliko je posamezna varianta skladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 24)	86
Preglednica 23: Koliko je posamezna naprava za izkoriščanje vetra skladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 25)	86
Preglednica 24: Sprejemljivost vetrnih elektrarn v različnih krajinskih tipih (vprašanje 26)	87
Preglednica 25: Predel Slovenije, kjer bi se vetrne elektrarne vidno najbolj prijetno, skladno vključile v okolje (vprašanje 27)	88
Preglednica 26: Kako daleč stran od kraja vašega bivališča bi se bili pripravljeni odpeljati, da bi si od blizu ogledali vetrno elektrarno (vprašanje 28)	88
Preglednica 27: Razvrstitev dejavnikov, kriterijev po pomembnosti, na podlagi katere bi moral izbirati lokacije za izgradnjo vetrne elektrarne (vprašanje 29)	89
Preglednica 28: Primerjava sprejemljivosti vetrnih elektrarn v različnih krajinskih tipih	96

KAZALO SLIK

Slika 1: Atlas vetra za zahodno Evropo (Danish..., 2003)	14
Slika 2: Atlas vetra za centralno Evropo (Jungbauer, 1998)	15
Slika 3: Atlas vetra nad odprtim morje Evrope (The World..., 2006)	16
Slika 4: Atlas vetra za Slovenijo na višini 50m nad tlemi (Bertalanič, 2004: 3)	19
Slika 5: Pionirski vetrni generator Charlesa F. Brusha (Danish..., 2003)	21
Slika 6: Poskusna vetrna generatorja Poula la Coura (Danish..., 2003)	22
Slika 7: Resslov predlog za mlin na veter za kmečko družino (Sitar, 2002: 30)	24
Slika 8: Prleška vetrnica (Baš, 1928: 8)	25
Slika 9: Šentmiheljska vetrnica (Baš, 1928: 10)	25
Slika 10: Dolgogorski mlin na veter (Baš, 1928: 11)	26
Slika 11: Premična vetrnica (Baš, 1928: 12)	26
Slika 12: Modernizirana vetrnica (Baš, 1928:12)	27
Sliki 13 in 14: Kušarjev mlin na veter (levo) v Spodnji Ložnici pri Slovenski Bistrici (Struna, 1971:131) in (desno) mlin na veter s Križnega vrha pri Poljčanah (Belaj, 1962: 102)	27
Slika 15: Vihteličev vetrni mlin na Mali gori pri Zadlogu nad Črnim vrhom (Sitar, 2002: 36)	28
Slika 16: Vetrni mlin na Koprivniku v Bohinju (Rojec, 1900: del razglednice Koprivnik v Bohinju)	29
Sliki 17 in 18: Mlin na veter na Stari Gori (levo) in Vogrinov mlin (desno) v Sp. Jakobskem dolu (foto: Š. Mikelj)	30
Sliki 19 in 20: Vetrni črpalki v solinah – levo pomična (foto: Š. Mikelj) in desno prenosna (Žagar, 1996: 144)	31
Slika 21: Klopotec (foto: Š. Mikelj)	32
Slika 22: Roža vetrov ali vetrovnica (Wraber, 1995: 176)	33
Slika 23: Združena karta hitrosti vetra 10 m nad tlemi (Bertalanič, 2004: 4), posamične lokacije in strnjena območja nekdanjih mlinov na veter ter lokacije fotomontaž »anketnega vprašalnika	33
Slika 24: Fotomontaža 5MW vetrne turbine (5M, 2006)	34
Slika 25: Vetrna generatorja pri Triglavskemu domu na Kredarici (foto: Franc Kaučič)	35

Slika 26: Vetrni generator pri Domu Valentina Staniča (foto: Zvone Tavčar, cit. po Vrhovc, 2003: 40)	36
Slika 27: Glavni sestavni deli sodobnega vetrnega generatorja (Jungbauer, 1998: 15)	38
Slike 28, 29 in 30: Oblike nosilnih stebrov: rešetkasti stolp (levo), kombiniran stolp (v sredini) ter cevasti jekleni stolp (Jungbauer, 1998: 52)	39
Slike 31, 32 in 33: Tipi vetrnih generatorjev: Darriesov rotor ali »stepalnik jajc« (levo), dvolistni rotor (sredina) in počasi tekoča vetrnica (desno) (European..., 2006)	41
Slika 34: Vetrna elektrarna različnih vetrnih turbin (Nordex, 2006)	64
Sliki 35 in 36: Ranljivosti tal in reliefa za Slovenijo (levo) in izsek za SV Slovenijo (temneje je bolj ranljivo)	65
Sliki 37 in 38: Ranljivost narave za Slovenijo (levo) in izsek za SV Slovenijo (temneje je bolj ranljivo)	66
Sliki 39 in 40: Ranljivost bivanjske kakovosti za Slovenijo (levo) in izsek za SV Slovenijo (temneje je bolj ranljivo)	67
Sliki 41 in 42: Ranljivost krajinske slike za Slovenijo (levo) in izsek za SV Slovenijo (temneje je bolj ranljivo)	67
Sliki 43 in 44: Skupna ranljivost prostora oz. Slovenije (levo) in izsek za SV Slovenijo (temneje je bolj ranljivo)	68
Slika 45: Združena karta skupne ranljivosti prostora in lokacij, območij nekdanjih mlinov na veter	69
Slika 46: Izobrazbena struktura anketirancev (vprašanje 3)	73
Slika 47: Predel Slovenije, kjer so anketiranci preživeli večino njihovega življenja (vprašanje 5)	74
Slika 48: Primernost (poprečna ocena) posameznega načina pridobivanja energije za Slovenijo (vprašanje 8)	76
Slika 49: Koliko ur dnevno naj bi obratovala vetrne elektrarne da bi dopustili, tolerirali njihovo prisotnost v bližini vašega doma (vprašanje 12)	78
Slika 50: Sladka gora – Dolga gora - posnetek A (zgoraj) in posnetek B (spodaj)	81
Slika 51: Zg. Gabnik - posnetek A (levo) in posnetek B (desno)	81
Slika 52: Boč - posnetek A (levo) in posnetek B (desno)	82
Slika 53: Kamnolom Poljčane – posnetek A (levo) in posnetek B (desno)	83

Slika 54: Pesniška dolina – posnetek A (zgoraj levo), posnetek B (spodaj levo), posnetek C (zgoraj desno) in posnetek D (spodaj desno)	83
Slika 55: Jakobski dol – posnetek A (levo) in posnetek B (desno)	84
Slika 56: Vukovski dol - posnetek A (zgoraj levo), posnetek B (spodaj levo), posnetek C (zgoraj desno) in posnetek D (spodaj desno)	85
Slika 57: Vinograd- posnetek A (levo) in posnetek B (desno)	86
Slika 58: Stari mlin na veter, klopotec in sodobni vetrni generator	86

KAZALO PRILOG

Priloga A: Anketni vprašalnik

1 UVOD

»Narave nismo dobili v dar od naših dedov, temveč smo si jo sposodili od naših vnukov,« trdi znani rek. In čeprav je, po grškem mislecju Heraklitu, *panta rei* – vse v gibanju in spreminjanju, moramo paziti, v kakšnem stanju jim jo bomo tudi vrnil. V prostoru se nenehno dogajajo spremembe, ki so posledica uresničevanja družbenih potreb v najrazličnejših oblikah: novogradnje, krčenje gozda, napeljava daljnovodov, izsuševanje zemljišč, regulacija rek, urejanje športnih naprav in podobno. Te spremembe so različnih vrst:

- ene se pojavijo kot spremljevalke novih dejavnosti, ki jih prej v prostoru ni bilo; npr. novogradnje,
 - druge izvirajo iz obstoječe rabe prostora, kadar se le-te povečujejo, prenavljajo, posodablajo; npr. industrija, kmetijstvo,
 - ene so majhne po velikosti in jih sproži že hoja, sprehod po gozdu,
 - druge so velike; npr. zajezev rek za HE,
- toda vse so neizogibne in lastne vsaki posamezni dejavnosti.

»Vnašanje sprememb v prostor, z redkimi izjemami, vselej prizadene določene sestavine v njem, ki v končnem pomenijo izgubo večje ali manjše vrednosti. Tako prihaja do znane dvojnosti, da nova, nastajajoča vrednost izpodrine obstoječo. S tem je obenem orisano dialektično razmerje med razvojem in varstvom, ki se v domala vseh pojavnih oblikah medsebojno izključujeta. Drugače povedano, to pomeni, da stopnjevano varstvo omejuje, krči ali celo zadrži razvoj. Enako deluje razvoj, seveda v nasprotni smeri, z razvrednotenjem ali celo uničenjem naravnih, krajinskih in drugih vrednosti.

Obe kategoriji prostorskih dogajanj, razvoj in varstvo, utelešata dve nasprotujoči si težnji v družbi, ki ju sestavljajo različni interesi. O vsakem pojavu, vsakem načrtu, razvojni predstavi, obstajajo različna mnenja, ki se lahko zvrstijo od docela odklonilnih do zavzeto naklonjenih. V dinamiki družbenih odnosov prevladujejo enkrat eni enkrat drugi, včasih pa se izravnavajo, pač glede na veljavne vrednote in razporeditev družbene moči. Vrednote pa niso samo različno razporejene v družbi, ampak se tudi spreminjajo, včasih celo presenetljivo hitro« (Ogrin, 1989: 33).

Energetska politika in njeni vplivi na okolje postajajo vedno bolj aktualno vprašanje v svetu, ne le v Sloveniji. Po uzakonitvi Energetskega zakona (Ur.l. RS št. 79-3757/99) so domači energetske znanstveniki in gospodarstveniki osnovali prvi nacionalni energetske program (v nadaljevanju NEP), ki ga pripravi vlada vsakih pet let, usklajen pa mora biti s prostorskimi in drugimi razvojnimi akti Slovenije ter z mednarodnimi sporazumi, protokoli.

Kjotski protokol je šele dobrih sedem let po sprejetju (decembra 1997) februarja 2005 stopil v veljavo in postal del mednarodnega prava, ki omejuje rabo toplogrednih plinov (v nadaljevanju TGP) in s tem zmanjšuje antropogeno povzročene spremembe v klimatskem sistemu. Primarna posledica povečane koncentracije TGP v ozračju je namreč naraščanje

povprečne globalne temperature, sekundarno pa taljenje velikih ledenikov, dvig morske gladine in poplavljenost nižinskih predelov, prerazporeditev padavin ter intenzivnejše vremenske ujme. Energetika je sektor gospodarstva. Relativno največ prispeva k segrevanju ozračja z emisijami škodljivih snovi, ki se sproščajo pri sežiganju fosilnih goriv v termoelektrarnah in drugih kuriščih. Ukrepi, s pomočjo katerih bi izpolnili obveznosti iz protokola, so predvsem povečevanje energetske učinkovitosti, vzpodbujanje uporabe obnovljivih virov energije, prehod na goriva z manjšo vsebnostjo ogljika, okolju prijaznejše ravnanje z odpadki, racionalnejša raba umetnih gnojil ipd. Eden od načinov je tudi nadomeščanje konvencionalnih energetskih virov z alternativnimi ali kakor jim tudi pravimo »zelenimi«, »novimi« obnovljivimi viri.

1.1 PROBLEM

Slovenija mora v skladu s zavezami kjotskega protokola zmanjšati emisije TGP za 8 %, na raven iz leta 1986. Eden od možnih »novih« obnovljivih virov energije je veter, ki velja za enega najcenejših obnovljivih virov in naj bi bil tudi okoljevarstveno zelo primeren. V državah zahodne Evrope, zlasti na Danskem, Nizozemskem, v severni Nemčiji, zahodni Španiji in v ZDA obratuje že precej vetrnih elektrarn. V Sloveniji pa trenutno še vedno poteka iskanje možnih lokacij za postavitev sodobnih vetrnih elektrarn, zlasti na Primorskem. Eden od najvažnejših prostorskih dejavnikov zanje je primerna prevetrenost, to je primerna moč in stalnost vetra.

V Sloveniji so moč vetra že v 19. st. in na začetku 20. st. za pogon mlinov izkoriščali številni kmetje. Vendar pa ti mlini na veter, ki so mleli žito, niso bili znanilec bogastva, temveč največkrat prav nasprotno, pokazatelj revščine. To so bili leseni, le nekaj metrov visoki objekti v sklopu domačij. Klub temu, da so bili ubožni kmetje razširjeni po vsej Sloveniji, pa so se mlini na veter v največjem številu pojavili le v severovzhodni Sloveniji.

Klopotec, ki je slovenska etnološka posebnost, se je razvil in ohranil le v vinogradih v teh istih predelih Slovenije, čeprav bi ga zaradi njegovih funkcij s pridom uporabili tudi v ostalih vinorodnih območjih.

Iz navedenega torej izhaja, da so pojav mlinov na veter in klopotcev narekovale tudi prostorske danosti v SV Sloveniji, ne le socialne razmere. Namen diplomske naloge je preveriti, če so prostorski potenciali v SV Sloveniji primerni tudi za današnjo tehnologijo izkoriščanja vetra, zlasti z vidika vpliva na vidne kakovosti okolja.

1.2 CILJI NALOGE

- Identifikacija lokacij nekdanjih mlinov na veter.
- Primerjava tehnoloških značilnosti starih mlinov na veter in sodobnih vetrnih elektrarn.
- Primerjava meril privlačnosti in meril ranljivosti prostora za stare mline na veter in sodobne vetrne elektrarne, predvsem glede vpliva na vidne kakovosti okolja.
- Preveriti odnos javnosti do pojava novih tehnologij za izkoriščanje vetra, zlasti v prostoru, kjer so veter v preteklosti že izkoriščali.
- Določitev možnih lokacij vetrnih elektrarn na podlagi rezultatov dognanj in ankete.

1.3 DELOVNA HIPOTEZA

- Tehnološke zahteve mlinov na veter nekoč in vetrnih elektrarn danes se močno razlikujejo, zato sta tudi privlačnost in ranljivost prostora za eno in drugo izkoriščanje vetra precej različna.
- Sodobne vetrne elektrarne so nadgradnja nekdanjih vetrnih mlinov, a se glede na odziv družbe manj vklapljajo v okolje in predstavljajo degradacijo vidne kakovosti okolja.
- Najbolj primerne lokacije za postavitev vetrnih elektrarn so tiste, ki asociirajo na že videne – npr. obširne planotaste pokrajine (jugozahodna Evropa) ali v morju (severozahodna Evropa) – ali pa umestitve v naravovarstveno in vidno že degradiran prostor (opuščena industrijska in podobna območja).
- V obravnavanem območju ni ustreznih lokacij za visoko rentabilno izkoriščanje vetrne energije, ki bi se lahko vključevala v nacionalni energetske sistem.

2 KJOTSKI PROTOKOL

V drugi polovici 20. st. so začeli znanstveniki opozarjati na škodljive posledice sežiganja fosilnih goriv na okolje in ljudi ter na njihovo skorajšnjo izrabljenost oz. na omejene zaloge nahajališč. Na svetovnih konferencah o varovanju okolja so zato sprejeli deklaracije in strategije za zmanjševanje škodljivih emisij in globalnega segrevanja ozračja.

Med njimi je tudi t.i. kjotski protokol, sprejet decembra 1997 na zasedanju v Kjotu, ki omejuje rabo toplogrednih plinov (v nadaljevanju TGP) in s tem zmanjšuje antropogeno povzročene spremembe v klimatskem sistemu. Med TGP spadajo: ogljikov dioksid – CO_2 , metan – CH_4 , didušikov oksid – N_2O , fluorirani ogljikovodiki – HFC, perfluorirani ogljikovodiki – PFC in žveplov heksafluorid – SF_6). Primarna posledica povečane koncentracije TGP v ozračju je naraščanje povprečne globalne temperature, sekundarno pa taljenje velikih ledenikov, dvig morske gladine in poplavljenost nižinskih predelov, prerazporeditev padavin ter intenzivnejše vremenske ujme. Energetika je sektor gospodarstva, ki relativno največ prispeva k segrevanju ozračja z emisijami škodljivih snovi (ogljikov dioksid – CO_2 , ogljikov monoksid – CO , dušikovi oksidi – NO_x , žveplov dioksid – SO_2 , ter prašni delci oz. aerosol). Ti se sproščajo pri sežiganju fosilnih goriv v termoelektrarnah in drugih kuriščih skupaj z dimnimi plini. Zato je eden od načinov tudi nadomeščanje konvencionalnih energetske virov z alternativnimi ali kakor jim tudi pravimo »zelenimi«, »novimi« obnovljivimi viri energije (v nadaljevanju OVE).

Industrializirane države sveta naj bi v obdobju 2008-2012 skupaj zmanjšale emisije TGP za 5,2 % (države Evropske unije 8 %, ZDA 7 %, Japonska 6 %) glede na izhodiščno leto. To je za razvite države leto 1990, države v tranziciji pa so si izhodiščno leto izbrale same. Protokol predvideva kot dopolnilo k domačim ukrepom tri t.i. kjotske mehanizme in sicer: trgovanje z emisijami, skupna izvajanja in mehanizem čistega razvoja. Ukrepi, s pomočjo katerih bi izpolnili obveznosti iz protokola, so predvsem povečevanje energetske učinkovitosti, vzpodbujanje uporabe OVE, prehod na goriva z manjšo vsebnostjo ogljika, okolju prijaznejše ravnanje z odpadki, racionalnejša raba umetnih gnojil ipd. Sam protokol sicer problema podnebnih sprememb ne bo rešil. S tem razumevanjem je bil tudi izdelan in sprejet načrt. Obdobje 2008-2012 je v njem določeno kot prvo ciljno obdobje, ki mu bodo sledila nova. Slovenija, ki je protokol podpisala oktobra 1998 in ga julija 2002 tudi ratificirala, se je obvezala, da bo v prvem ciljnem obdobju za osem odstotkov zmanjšala emisije TGP glede na izhodiščno leto 1986, ko so bile emisije TGP najvišje.

Slovenija se je tako zavezala zmanjšati emisije za 8 % glede na leto 1986, ko so bile emisije CO_2 največje in so znašale 15.662.000 t. »Potem so se zaradi s tranzicijo in osamosvojitvijo povezanih ekonomskih pretresov zmanjševale do leta 1991, nato pa so začele spet naraščati in so leta 1996 že dosegle raven iz izhodiščnega leta. V obdobju 1986-1996 je prišlo do znatnih strukturnih sprememb emisij. Zmanjšale so se pri proizvodnji električne energije (za 18 %) na račun manjše porabe premogov. Še večje zmanjšanje je dosegla industrija, kjer so se emisije zmanjšale za 43 % zaradi manjše porabe končne energije fosilnih goriv in večjega deleža zemeljskega plina. Emisije so

narasle v javnem in storitvenem sektorju ter v gospodinjstvih (za 60 %), največji porast pa beležimo pri motornem cestnem prometu (za 110 %)« (Kranjc, 2000: 5-6).

Poslovni dnevnik v članku Veljati je začel kjotski protokol navaja drugačne obsege emisij: »Leta 1986 so bile emisije TGP v Sloveniji 20,60 milijona ton ekvivalenta CO₂, 8 % zmanjšanje pa pomeni, da Slovenija v obdobju 2008-2012 v povprečju ne bo smela preseči 18,95 milijona ton emisij ekvivalenta CO₂ na leto. Celotni ocenjeni stroški izvajanja Kjotskega protokola v Sloveniji znašajo v ugodnejšem primeru okoli 5,5 milijarde tolarjev letno, v manj ugodnem primeru pa okoli 10 milijard tolarjev letno«.

V sodobnem tržnem gospodarstvu so spremembe, preobrati, ukrepi, dekreti ipd. uspešni le, če so tudi ekonomsko upravičeni. Nekateri kjotski mehanizmi dejansko ne zahtevajo velikih vlaganj, drugi potrebujejo relativno velike začetne investicije in podporo državnih institucij. Pri tem obstaja nevarnost, da v navalu »navdušenja«, interesa za doseganje dogovorjenega pozabimo na tistega, zaradi katerega so bili ti dogovori sklenjeni. Odločitve morajo biti strokovne, skrbno pretehtane ter usklajene z okoljem, kjer bodo izvedene spremembe. Izogibati se je treba neskladjem, ki podobno kot »...Male vodne elektrarne kažejo dvojno naravo. Kot vir »čiste« energije so videti okoljsko sprejemljivejše, hkrati pa lahko docela razvrednotijo okolje vodotokov« (Marušič, 1999). Zmanjšanje emisij je treba doseči na narodno-gospodarsko najučinkovitejši in okoljsko najbolj sprejemljiv način.

Da je zadana naloga težka oz. da je razkorak med teorijo in prakso velik, dokazujejo težave pri sprejetju in ratifikaciji kjotskega protokola. Šele dobrih sedem let po sprejetju je februarja 2005 stopil v veljavo in postal del mednarodnega prava. ZDA in Avstralija sta bili sprva podpisnici protokola, a sta kasneje odstopili od ratifikacije. Tako je postal pogoj za njegovo veljavnost samo še ratifikacija Rusije. Po večletnih prizadevanjih Evropske unije in nekaterih drugih držav je Rusija novembra 2004 protokol končno ratificirala.

Ameriški predsednik George Bush je večkrat dejal, da bi bil kjotski protokol smrt za ameriško gospodarstvo, zato naj bi ZDA, Avstralija, Kitajska, Indija in Južna Koreja pripravile sporazum, ki naj bi bil alternativa kjotskemu protokolu. Poudarjajo predvsem, da je njihov cilj zmanjšati emisije TGP z razvojem naprednih tehnologij, ki ne bodo prizadele nacionalnih gospodarstev. Pomemben podatek pri tem je, da omenjene države v ozračje izpustijo okoli 40 % vseh TGP, samo ZDA približno 25 %.

Eno leto po uzakonitvi zahtev kjotskega protokola je Evropska komisija proučila najnovejše podatke iz leta 2003 o emisijah TGP 25 članic Evropske unije. Na podlagi veljavnih načrtov ugotavlja, da bo Slovenija v obdobju 2008-2012 izpuste še povečala za 4,9 %, namesto da bi jih zmanjšala in je tako edina nova članica EU-ja, ki že zaostaja za zastavljenim cilji. Za njimi sicer zaostaja tudi 5 starih članic Evropske unije: Danska, Italija, Irska, Portugalska in Španija, medtem ko je ostalih 19 na dobri poti k njihovi uresničitvi. Kjotski protokol za nedoseženost ciljev postavlja stroge kazni, podpisnica, ki ni dosegla načrtovanega zmanjšanja v predvidenem obdobju, ga mora z dodatno 30 % kaznijo doseči po tem roku (The Kyoto Protocol, 2006).

3 OBNOVLJIVI - ALTERNATIVNI VIRI ENERGIJE

»Zemlja stalno dobiva energijo od Sonca. Sončni žarki talijo ledenike; veter in voda kopljeta globoke jarke v zemljo; valovi butajo ob obalo in jo razjedajo. Te naravne sile postanejo »energija« šele, ko jih kontroliramo. Ko jih človek ukroti, da delajo zanj, postane tehnik« (Bell in sod., 1969: 44).

Energijo želimo ljudje imeti zaradi vsega tistega, kar nam omogoča: ogrevanje, hlajenje, kuhanje, razsvetljavo, gibljivost, pogonsko moč ipd. Energija ni samo ena od dobrin ali skupek dobrin, nepovezanih z drugimi človeškimi potrebami ali skrbmi. Preskrba z energijo in uporaba energije imata mogočen vpliv na družbo in okolje. Nobeno razpravljanje o energiji ne more mimo vprašanja, kako jo ljudje uporabljajo, torej ali jo uporabljajo učinkovito in predvsem, ali imajo sredstva za njeno uporabo. Žal sta večja učinkovitost in manjše onesnaževanje velikokrat medsebojnem nasprotju. Na splošno velja, da tehnologije in postopki za zmanjšanje onesnaženja zmanjšujejo tudi učinkovitost. Energijska učinkovitost se nanaša na učinkovitost začetnega pridobivanja in prenosa energije; na učinkovitost pretvorbe primarne energije v elektrarnah, rafinerijah, pri uplinjanju premoga itn; na učinkovitost shranjevanja sekundarne energije v zbiralnih napravah, na razdelilne sisteme in prenosne mreže (npr. električna omrežja); ter ne nazadnje učinkovitost pri pretvorbi v uporabne oblike in končno rabo, v učinkovitost naprav za to rabo (žarnice, peči, motorji).

Raba energije po svetu je neenakomerna, ravno tako tudi porazdelitev energetskega virov, posebno fosilnih. Stroški za pridobivanje ali zbiranje, za transport in pretvorbo raznih oblik energije so prav tako različni. Nekatere oblike energije so že pri današnji tehnologiji takoj dostopne, druge bodo potrebovale še desetletja, preden se bodo lahko uporabljale v pomembnejšem obsegu s pomočjo tehnologij, ki so šele na začetku razvoja (nekateri obnovljivi viri energije, izpopolnjene oblike jedrske energije).

Sam pojem alternativnega (alternativa je po SSKJ, 2005: 11): »...položaj, ko se je treba odločiti med dvema možnostma, od katerih ena izključuje drugo«) energetskega vira se postavlja kot nasprotje konvencionalnim (konvencionalen po SSKJ, 2005: 430): »...ki se drži ustaljenih, splošno veljavnih norm, pravil...«) energetskega vira, ki so za okolje obremenjujoči. Zato je ena od okoljevarstvenih zahtev ta, da naj se konvencionalne vire energije nadomesti z alternativnimi viri, ki naj bi bili za okolje prijaznejši. Bili naj bi torej okoljevarstveni odgovor na konvencionalne energetske vire oziroma oblike »sanacijske tehnologije«, s katero se odpravljajo problemi, ki jih klasični energetski viri povzročajo v okolju. Predvsem so to problemi onesnaževanja, ki jih pridobivanje energije iz fosilnih goriv povzroča v okolju, ter problemi obnovljivosti virov oziroma trajnosti (trajnostnosti) njihove uporabe. Energetski zakon (2005) definira obnovljive vire energije kot tiste vire energije, »ki se v naravi ohranjajo in v celoti ali pretežno obnavljajo, zlasti pa energija vodotokov, vetra in biomase ter geotermalna in neakumulirana sončna energija«.

3.1 IZVOR OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE

Energija Sonca, ki jo prestreže Zemlja, zagotavlja primerne pogoje za življenje na Zemlji. Sončno sevanje se v stiku z atmosfero na površini Zemlje pretvori v toploto, kinetično (veter) in potencialno (akumulirana voda) energijo. Sončno sevanje v vseh njegovih pojavnih oblikah (toplota, veter, vodna energija) imenujemo OVE. Njihovo trajanje je za časovna merila človeštva praktično neomejeno. Energijo Sonca, ki se je v preteklem obdobju akumulirala (premog, nafta, plin), imenujemo fosilna goriva. Delež fosilnih goriv, s katerim človeštvo zadovoljuje svoje potrebe po energiji je navidez skoraj zanemarljiv (le 0,004 %), vendar bomo, po predvidevanjih, kljub temu zaloge teh virov porabili najkasneje do konca stoletja.

Čeprav po količini prevladuje energija Sonca, pa to ni edini naravni vir. Glede na izvor delimo OVE na:

- Sončno sevanje, ki ga oddaja Sonce in ga lahko spremenimo v toploto ali elektriko; v naravi povzroča nastanek valov, vetra, vodne energije in biomase (fotosinteza je eden najbolj pomembnih naravnih procesov pretvorbe sončne energije);
- Planetarna energija Lune in Sonca, ki skupaj s kinetično energijo Zemlje povzroča periodično nastajanje plime in oseke, le-to pa izkoriščajo »hidroelektrarne na bibavico«;
- Toplota oziroma geotermalna energija, ki iz notranjosti Zemlje prehaja proti površju;

3.2 ZNAČILNOSTI OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE

- Neomejena trajnost, ki izhaja iz večnosti - s človekove časovne perspektive - izvorov obnovljivih virov – Sonce, Luna.
- Velik potencial, vendar pa je za njegovo polno izkoriščenost potrebna učinkovita, mednarodno koordinirana akcija tako politike kot gospodarstva in porabnikov.
- Enakomerna razporeditev brez geopolitičnih ovir in ne glede na bogastvo prebivalstva; Če je neka oblika obnovljivega vira v neki deželi neizrazita, je običajno ta dežela bogata z nekim drugim OVE (Nizozemska – velik potencial vetra, a le malo vodne energije). V Sloveniji ocenjujemo, da je potencial vetra majhen, a so potenciali sončnega sevanja, biomase, vodne in geotermalne energije veliki.
- Časovna spremenljivost moči in energije OVE hkrati predstavlja njihovo največjo slabost. Razen v obliki biomase in toplote oceanov obnovljivih virov namreč ne moremo shraniti z naravnimi sistemi, ki bi omogočali rabo energije takrat, ko jo potrebujemo. Za shranjevanje energije OVE v obliki notranje, kemične, kinetične ali potencialne energije pa se uporabljajo različne naprave, ki zmanjšujejo učinkovitost in podražijo izkoriščanje OVE.
- Nizka gostota moči – pri enaki imenski moči morajo biti naprave za izkoriščanje OVE precej večje od naprav, ki jih uporabljamo za fosilna ali jedrska goriva.

Preglednica 1: Gostota moči različnih obnovljivih virov energije (Medved in Novak, 2000: 35)

Vrsta obnovljivega vira	Gostota moči (kW/m ²)
Vodna energija (pretok 6 m ³ /s)	100
Biomasa	50
Sončno sevanje	1
Veter (hitrost 6 m/s)	0,13
Valovanje	50 kW/m
Energija biogasa	0,002
Geotermalna energija (poprečni toplotni tok)	0,00006

Za to, da se neka proizvodnja lahko začne, je treba več kot le dosegljivost te nove energije. Zaradi spremenljivega in pogosto nizkega faktorja obremenitve ter moči zahteva večina oblik nove obnovljive energije »dopolnilne« zmožljivosti, da bi dale dovolj energije pri pravih pogojih. To je pogosto treba, kadar je proizvodnja odvisna od tega, ali je dovolj sonca, vetra oziroma vode. Nestanovitnost narave take energije (posebno sončne in vetrne) poudarja potrebo po napravah za shranjevanje elektrike; le tako namreč lahko zadovoljimo potrebo po stalni preskrbi in izrabimo polni potencial obnovljivih virov. V naslednjih letih se bodo problemi shranjevanja energije in pomanjkanje zmožljivosti za izdelavo takih naprav izkazali kot resna ovira povsod, kjer ne bo zadostnega podpornega ozadja povezanih mrežnih sistemov.

»Potreba, da z uvedbo alternativne energije virov pridemo do raznolikosti virov, je jasna in močna. A kljub najbolj »optimističnim« napovedim se zdi, da bodo obnovljivi viri le težko že v l. 2100 nadomestili energijo iz fosilnih virov. »Tradicionalni« obnovljivi viri – velike hidroelektrarne in tradicionalna biomasa (drva, poljedelski ostanki, živalski odpadki) že sedaj prispevajo cca 90 % energije v skupno energetske bilanco. Kljub zelo optimističnim napovedim o uporabi »novih« obnovljivih virov, naj bi tradicionalni še v l. 2020 prispevali več kot 50 %. V letu 1990 so »novi« obnovljivi viri prispevali le 1,9 % k vsem energijskim potrebam, po optimističnih napovedih naj bi se v l. 2020 to povečalo na 8 – 12 %« (Energija..., 1994: 91).

Preglednica 2: Maksimalni prispevki »novih« obnovljivih virov energije (Energija..., 1994: 91)

Vrsta »novega« obnovljivega vira	Prispevki »novih« obnovljivih virov v letu 2020 po optimističnih napovedovanjih	
	Mtoe	% od celote
»Moderna« biomasa	561	42
Sončna energija	355	26
Vetrna energija	215	16
Geotermalna energija	91	7
Male hidro elektrarne	69	5
Oceanske elektrarne	54	4
Skupaj	1.345	100
Skupno povpraševanje po energiji (%)	8 - 12	

»Alternativni viri energije« so poleg zaskrbljenosti zaradi klimatskih sprememb tudi rezultat iskanja dodatnih energetskih virov, predstavljajo »pripravo« na čas, ko bodo sedanji viri izčrpani. Žal imajo tudi ti alternativni viri negativne učinke na okolje, ki so morda manjši od tistih, ki jih sicer povzročajo klasični viri, lahko pa so tudi taki, da

pozitivne vidike uporabe ne odtehtajo. Zato je treba tudi te vire presojati v pogledu vplivov na okolje.

Preglednica 3: OVE in vplivi na okolje

Ove	Pretvorba	Vplivi na okolje
»Moderna« biomasa (biorazgradljiva frakcija izdelkov, ostankov in odpadkov iz kmetijstva (vključujoč rastlinske in živalske substance) ter gozdarstva in lesne industrije, kot tudi biorazgradljiva frakcija industrijskih in komunalnih odpadkov)	sežig – zajemanje toplote, biološka pretvorba v bioetanol, organsko gnojilo, uplinjanje v biometanol, lesni plin, stiskanje v biodiesel	uničenje habitatov, zmanjšanje biotske pestrosti, škodljivi iztoki in emisije v okolje, nevarnost požara in eksplozije, sprememba krajine
Sončna energija (aktivni in pasivni solarni sistem, sončne celice, toplotne črpalke, fotovoltaične celice)	sončno energijo v obliki toplote oddajo krožeči tekočini; pretvorba sončnega obsevanja v električno energijo brez vmesne pretvorbe v toploto	uničenje habitatov, zmanjšanje biotske pestrosti, sprememba krajine
Vetrna energija	pretvorba kinetične energije vetra v elektriko	uničenje habitatov, zmanjšanje biotske pestrosti, sprememba krajine, hrup
Geotermalna energija	zajem pare, toplih vodnih grelcev, hlajenje segrelih kamenin globoko pod površjem zemlje za proizvodnjo elektrike, ogrevanja in balneologijo	uničenje habitatov, zmanjšanje biotske pestrosti, sprememba krajine; toplotno onesnaženje okolja, če se voda ne vrača v podzemlje; vrtanje v podzemlje za odvzem in vračilo vode, ureditev naprav za črpanje, prenos in izrabo vode; onesnaženje zraka s plini iz pare (zlasti H_2S), usedanje tal, hrup, odlaganje odpadnih trdnih materialov
Vodna energija (HE in mHE)	pretvorba kinetične e vode v elektriko	uničenje habitatov, zmanjšanje biotske pestrosti, sprememba krajine
Energija oceanov (energija morskih valov, energija plimovanja, toplotna energija oceanov)	pretvorba potencialne in kinetične energije morskih valov in pretvorba kinetične energije vode - plimovanja v elektriko; izkoriščanje toplote oceanov v različnih temperaturnih nivojih	uničenje habitatov v rečnih izlivih, zmanjšanje biotske pestrosti, sprememba krajine, neznani učinki sprememb temperaturnih gradientov, ki lahko povzročijo večje ekološke in klimatske posledice

4 VETER

Ozračje ali atmosfera varuje Zemljo škodljivih sestavin sevanja Sonca, pa tudi bombardiranja s trdnimi delci iz vesolja. Samo večji kosi, meteoriti, dosežejo površje Zemlje. Od Sonca pridejo skozi ozračje do površja le vidna svetloba, radijski valovi in del infrardečega sevanja. Fizikalne in kemične lastnosti ozračja se spreminjajo z oddaljenostjo od površja Zemlje, zato delimo ozračje v več plasti (troposfera, stratosfera, mezosfera, termosfera, ekosfera). Rentgenske žarke zadrži ionosfera, ultravijolični in infrardeči pridejo večidel samo do stratosfere.

Spodnja plast - troposfera sega od površja Zemlje do višin med 10 in 15 km. Višina je odvisna od zemljepisne širine in letnega časa; ob ekvatorju sega više kakor na tečajih. Skoraj vsi vremenski pojavi nastajajo v tem pasu. V bližini tal jo segreva učinek tople grede, v višini 15 km pa se ohladi na $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. V troposferi so atmosferski plini pomešani z vodno paro in z milijardami drobcenih delcev prahu, okoli katerih se zgošča vodna para in oblikuje oblake.

Neenakomerna razporeditev zračnega pritiska, tako v horizontalni kot vertikalni smeri, povzroča gibanje zraka v ozračju. To gibanje zraka iz področij visokega zračnega pritiska v področja nizkega zračnega pritiska imenujemo veter. Glavni vzrok razlikam in gibanjem v zračnem – baričnem reliefu je termična razlika v ozračju. V manjših dimenzijah nastajajo te razlike med gozdom in poljem, med kopnim in morjem ter v širših dimenzijah med ekvatorialnimi in polarnimi področji. Glede na njihovo pojavljanje ločimo več vrst vetrov: globalni, lokalni, krajevni; stalni, periodični, dnevni; turbulentni, enakomerni (Pučnik, 1980: 238).

4.1 GLOBALNI VETROVI

V troposferi so mnogi majhnih lokalni vrtinci, ki merijo desetine kilometrov, pa tudi velika področja nizkega - cikloni in visokega zračnega tlaka - anticikloni. Na višini nad 1000 m nad površjem Zemlje se spodnja plast teh prehodnih pojavov giblje zaradi segrevanja zraka, razlik v pritisku in vrtenja Zemlje.

Na severni polobli se zrak na ekvatorju, segret od Sonca, dviga, vzpenja, nadomesti, zamenja pa ga hladen zrak s severa. Ko se ta segreje, se vzpne in se nato vrača v velikih višinah vse do približno 30° severne zemljepisne širine. Podobno se giblje hladen polarni zrak pri tleh na jug, do širine 60° , se medtem segreje in dvigne ter vrne v polarna področja. Med obema svitkoma se oblikuje tretji svitek, ki se giblje v obratni smeri – pri tleh od širine 30° do 60° zaradi tlačnih razlik, ki se vzpostavijo v tem področju (pri širini 30° je tlak pri tleh visok, pri 60° pa nizek).

Zemlja in z njo atmosfera se vrtita od zahoda proti vzhodu s hitrostjo med 1667 km/h na ekvatorju do 0 km/h na polih. Zračna masa, ki se v prvem svitku začne gibati pri širini 30°

s hitrostjo 1000 km/h, zaostaja za hitrostjo tal ko doseže ekvator. Zato se zdi, da potuje od vzhoda na zahod. Podobno se zrak, ki se v srednjem svitku giblje od širine 30° k širini 60 ° giblje hitreje kot tla, ko doseže to širino. Zato se zdi, da piha proti vzhodu. Ker so razlike v hitrostih vrtenja površja Zemlje v severnem polarnem področju majhne, se polarni svitek navidez mnogo manj zamika od smeri sever - jug.

Na to splošno gibanje zračnih mas v troposferi vplivajo celine. Nastajajo lokalna kroženja in vrtinci, ki jih povzročajo spremembe vremena. Zato je napoved kroženja atmosfere zapletena, a s sodobnimi numeričnimi modeli, ki jih rešujejo računalniki, in satelitskimi opazovanji ni nemogoča. Pri izboru lokacij za vetrne elektrarne so pomembni podatki o smeri, hitrosti, trajanju in sunkih vetra.

4.2 LOKALNI, POVRŠINSKI VETROVI

Do višine 100 m deluje t.i. površinski veter, ki je odvisen od lastnosti površja Zemlje, saj njena orografska razgibanost, hrapavost in razne druge ovire močno vplivajo na njegovo smer in hitrost. Zato so kljub pomembnosti poznavanja globalnih vetrnih razmer pri presoji potenciala energije vetra za postavitev vetrnih elektrarn pomembne tudi lokalne klimatske in dnevne vetrovne razmere, kot so:

- Vetrce, sapica z morja, »zmorec« – piha podnevi z morja na kopno. Zemlja se zaradi sončnega obsevanja bolj segreje kot morje. Topel, segret zrak se dvigne in odpotuje nad morje, praznino pa zapolni hladni zrak z morja.
- Vetrce s kopnega, »kopnik« – piha ponoči na morje. Morje se počasneje ohlaja, zato je zrak nad njim toplejši, se dviga in potuje nad kopno. V spodnjih plasteh pa piha hladen zrak s kopnega. Hitrosti vetra so ponoči manjše kot podnevi zaradi manjših temperaturnih razlik kopnega in morja. Monsuni v JV Aziji so podoben sezonski - spomladanski in jesenski - pojav, ki nastaja iz enakih razlogov – različnega segrevanja in ohlajanja kopnega in morja, le da so časovne in krajevne dimenzije mnogo večje.
- V hribovitih območjih piha podnevi, ko se zrak ob južnih pobočjih segreje dolinski veter »dolnik« po dolini navzgor, proti vrhovom.
- Zaradi ohlajanja se ponoči veter obrne in piha s hribov navzdol v dolino; imenujejo ga »gornik«.
- Učinek tunela, kanala (ang. tunnel effect) ali kanaliziranje vetra poveča hitrosti vetra - v ožinah v krajini se na vetrni strani zrak stisne in njegova hitrost naraste. Ta efekt lahko opazujemo le v »mehkih prehodih, v mehkih ožinah«, sicer se pojavi njegovo nasprotje, turbulenca, ki z vrtinci in nenadnimi spremembami smeri in hitrosti, upočasni veter.
- Učinek hriba (ang. hill effect) v sicer ravninskem predelu prostora povzroči hitrejše gibanje zraka nad hribom. Vzrok je enak kot pri »tunelu« – ista količina zraka mora priti mimo »ovire«, zato se mora zrak stisniti in tako pospešiti gibanje. V primeru večjih strmin ali neenakomerne površine hriba pa lahko nastane turbulenca.
- V globalnem smislu velja, da so zaradi temperaturnih razlik med kopnim in morjem, ki so podnevi večje kot ponoči, tudi vetrovna dogajanja podnevi intenzivnejša kot ponoči

- bolj je vetrovno, hitrosti so večje, turbulenca je bolj pogosta. S stališča elektroenergetske industrije je to razveseljivo, saj je proizvodnja večja ravno takrat, ko je velika tudi potrošnja energije - podnevi.

4.3 ENERGIJA IN MOČ VETRA

Sonce proti Zemlji v eni uri odda 10^{14} kWh energije; od tega le 1-2 % v obliki vetrne energije (Danish..., 2003), oziroma v obliki kinetične energije vetra, ki jo po fizikalnih principih vetrne turbine lahko spremenijo v mehansko oz. v električno energijo.

Kinetična energija je fizikalno definirana:

$$W = E_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad [J] \quad (1)$$

Skozi površino (A), ki jo opišejo listi rotorja vetrnice, teče veter z močjo (P), ki je po formuli (2) odvisna od tretje potence hitrosti vetra (v^3), od gostote zraka (ρ) in od koeficienta moči ali Betzovega koeficienta (c_p). Torej turbina, ki stoji na morski gladini pri temperaturi zraka 15 °C, proizvede 25 % več energije kot turbina, ki stoji na višini 2300 m pri enaki temperaturi. Pri tem je pomembna tudi vrsta in oblika vetrnice, saj se koeficient moči ali Betzov koeficient (c_p) spreminja s hitrostjo vetra in vrsto vetrnice. Zaradi vrtnčenja in trenja zraka ob prehodu skozi vetrnico v realnosti nikoli ne doseže teoretične vrednosti ($c_{max} = 0,593$).

$$P = c_p \frac{1}{2} \rho v^3 A \quad [W] \quad \text{oziroma} \quad P = c_p \frac{1}{2} \rho v^3 \quad [W/m^2] \quad (2)$$

Vetrna turbina ne more pretvoriti vse energije vetra v električno energijo. Teoretično jo sicer lahko pretvori 59 %, kar izhaja iz c_{max} , v praksi pa se je izkazalo, da je izkoristek le 20-30 % (Gerjevič, 1997b: 10).

Za poznavanje zakonitosti učinkovitega delovanja vetrnih elektrarn je treba poznati nekaj relativno specifičnih izrazov in definicij, kot so:

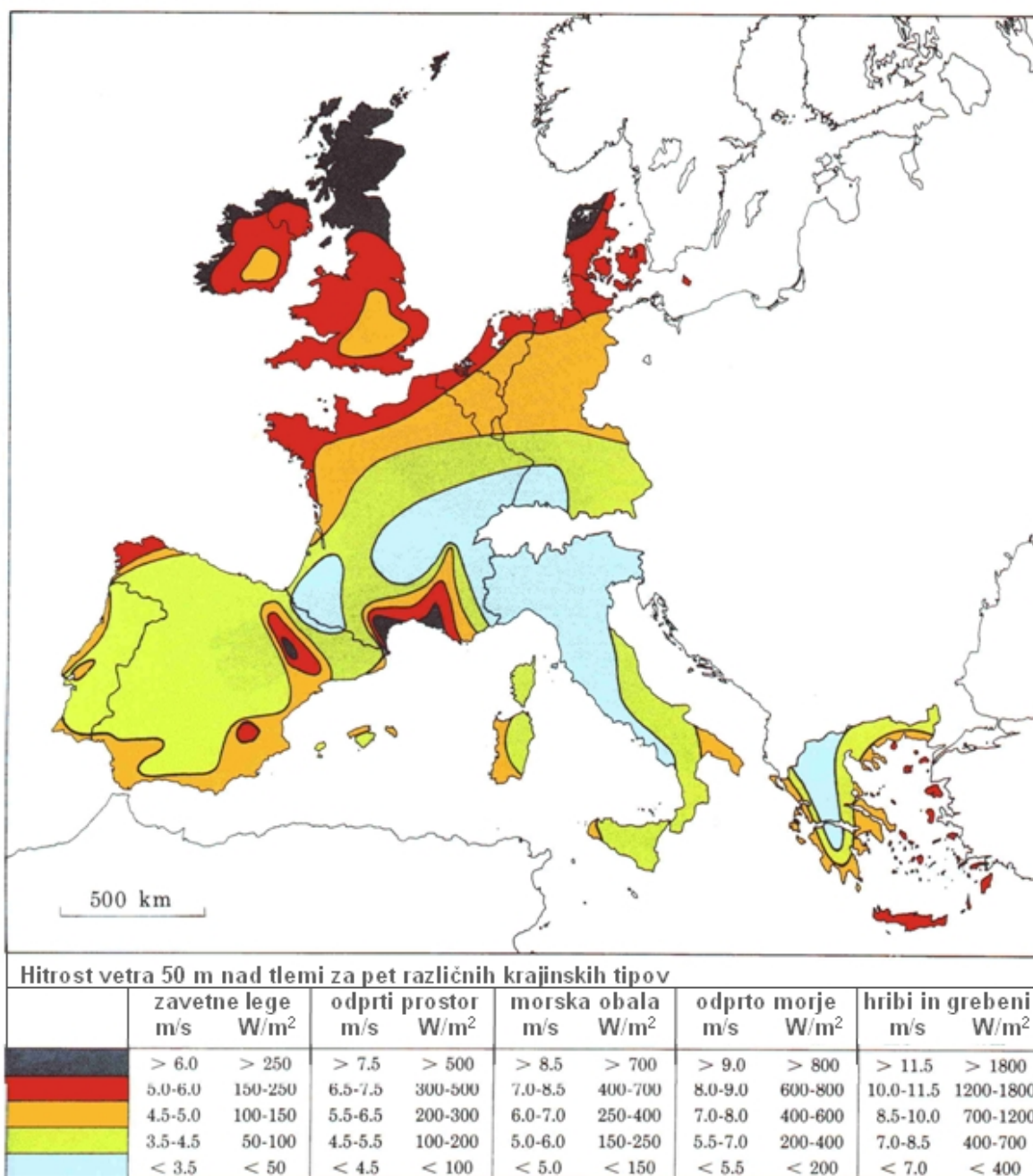
- Vklonpa hitrost vetra je tista minimalna hitrost vetra, ki je potrebna, da se začne rotor vetrnice vrteti in proizvajati električno energijo. Sodobne vetrnice »danskega« tipa zahtevajo hitrosti okrog 5-6 m/s.
- Izklopna hitrost vetra je hitrost vetra – okrog 25 m/s, ki predstavlja nevarnost strojeloma rotorja ali pregretja generatorja. Glede na tip vetrnice regulator zamakne ves rotor ali pa le lopatice tako, da rotor obmiruje.
- Imenska hitrost vetra je interval vrednosti hitrosti vetra (največkrat med 12-25 m/s), med vklonpo in izklopno hitrostjo, kjer je moč vetrnice maksimalna in enakomerna.
- Nazivna ali imenska moč vetrnice je največja moč vetrnice pri določenemu intervalu hitrosti vetra. Njeno stalnost oz. enakomernost pa dosežemo s spreminjanjem napadnega kota vetra na lopatice.

- Aerodinamični profil - listi rotorja imajo aerodinamični profil, na katerega v toku zraka delujeta sila upora in sila vzgona. Sila upora je posledica razlike v relativni hitrosti med delci zraka ob lopatici in bolj oddaljenimi zračnimi delci ter viskoznosti zraka. Poleg tega nastajajo za lopatico vrtinci, ki povečujejo upor. Če teče zrak enakomerno na obeh straneh simetričnega profila in so tudi tokovnice simetrične, je upor edina sila, ki deluje na lopatico. Če pa so tokovnice zaradi nesimetričnega profila lopatice ali postavitve lopatice v toku zraka nesimetrične, nastane razlika v hitrostih na zgornji in spodnji strani lopatice. Tak profil imenujemo aerodinamični profil.
- Napadni kot profila je kot med smerjo tokovnic vetra v nemotenem prostoru pred lopatico in samo lopatico. Sila na profil bo največja pri največjem razmerju sile dinamičnega vzgona in sile upora ter razmerju koeficientov vzgona in upora. Pri povečevanju napadnega kota profila se tokovnice ob zgornjem robu ločijo in se oblikujejo v vrtince, kar povzroči občutno zmanjšanje sile vzgona (in koeficienta c_v) in občutno povečanje sile trenja (in koeficienta c_t); ta pojav imenujemo stall.

4.4 ATLAS VETRA – POTENCIAL ENERGIJE VETRA

Za načrtovanje gradnje vetrnih elektrarn oz. vetrnih farm so izredno pomembne vetrovne razmere v obravnavanem območju. Hidrometeorološka služba je v Zahodni Evropi že dolgo prisotna in beleži mnogo pomembnih podatkov. S statistično obdelavo in z računalniškim modeliranjem s programom WAsP je izdelan »atlas vetra«, katerega namen je na meteorološki osnovi oceniti potencial energije vetra. Države članice evropske skupnosti so Atlas vetra za zahodno Evropo izdelale že leta 1989. Ta je sedaj dopolnjen tudi za ostale vzhodnoevropske države. Prav tako pa je za potrebe »morskih« (ang. off-shore) vetrnih farm narejen Atlas vetra nad morjem.

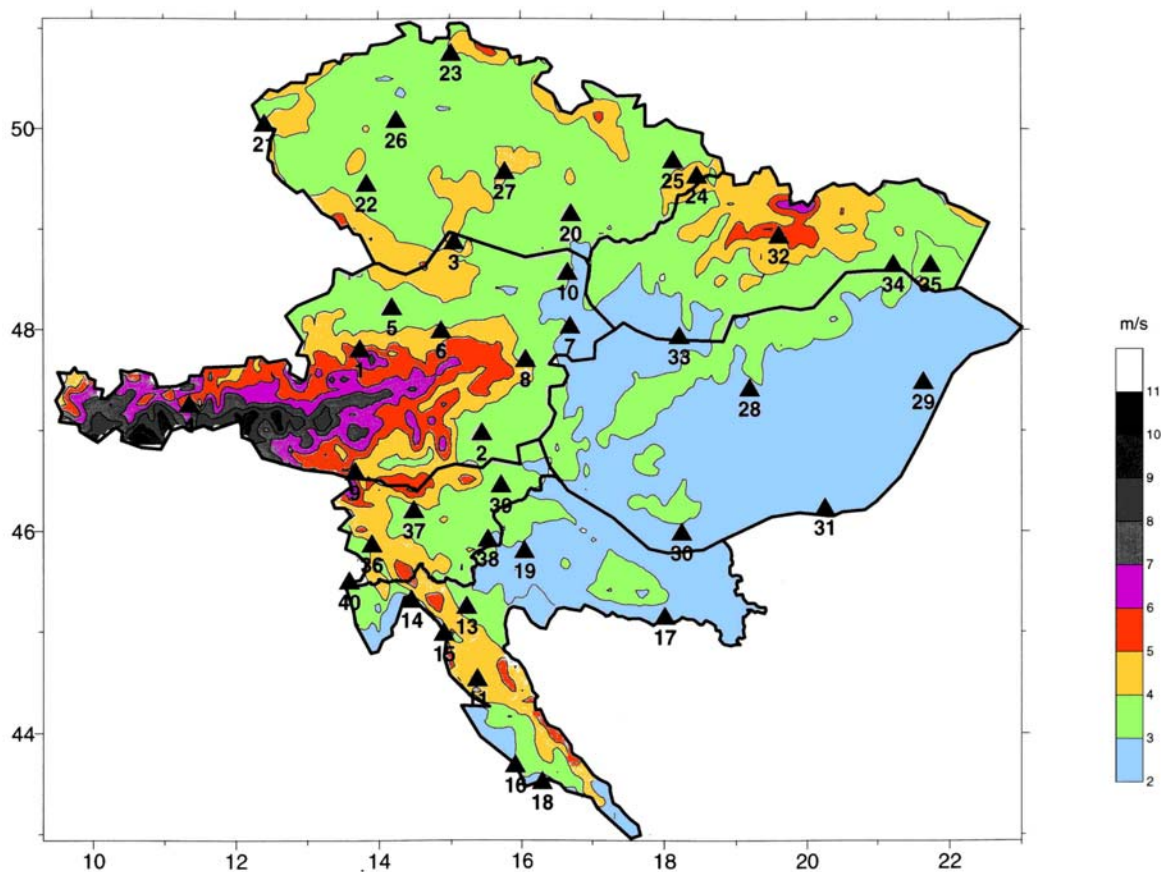
Pri interpretaciji Atlasa vetra za Evropo je treba upoštevati stopnjo generalizacije podatkov. Meje med različnimi vrednostmi hitrosti vetra v naravi dejansko niso tako ostre kot na karti. V Atlasu vetra za Evropo je nemogoče upoštevati vse mikroklimatske in mikrovetrovne vetrovne razmere, ki jih povzročajo razne ovire, topografska razgibanost, hrapavost površja, in se manifestirajo kot pospeševanje (učinek tunela, hriba) ali zaviranje (turbulenca) vetra. Tako lahko tudi v območjih z nizkimi hitrostmi vetra najdemo področja, kjer so vetrovne razmere ugodne za postavitev vetrnih elektrarn in obratno. Odločitev za postavitev vetrne farne na določeni lokaciji le na podlagi Atlasa vetra ni zadostna, ampak je treba razmere preveriti v naravi (spremenjena hrapavost zaradi sprememb v površinskem pokrovu, sprememba - odstranjene stare ali postavljene na novo - eventualnih ovir) oziroma je treba izdelati bolj podrobne, regionalne veljavne modele vetra.



Slika 1: Atlas vetra za zahodno Evropo (Danish..., 2003)

Na hitrost vetra vpliva splošna vremenska situacija na razdalji nekaj 100 km ter topografija v okolici nekaj 10 km. V neposredni bližini opazovane točke pa na hitrost in smer vetra močno vplivata hrapavost okoliškega terena in bližnje ovire (vegetacija in stavbe). Uporabljeni modeli temeljijo na fizikalnih principih tokov v atmosferski mejni plasti in upoštevajo različne pogoje pri tleh (zatišje za ovirami, hrapavost tal, orografija). V Atlasu vetra so uporabljene metode in modeli, ki podatke izbrane točke - smer in hitrost vetra ter opis ovir, hrapavosti in orografije okoliškega terena - horizontalno in vertikalno ekstrapolirajo in generalizirajo. Iz takih podatkov za poljubno lokacijo v podobni regiji izračunamo potencialno energijo in povprečno hitrost vetra, če seveda poznamo ovire,

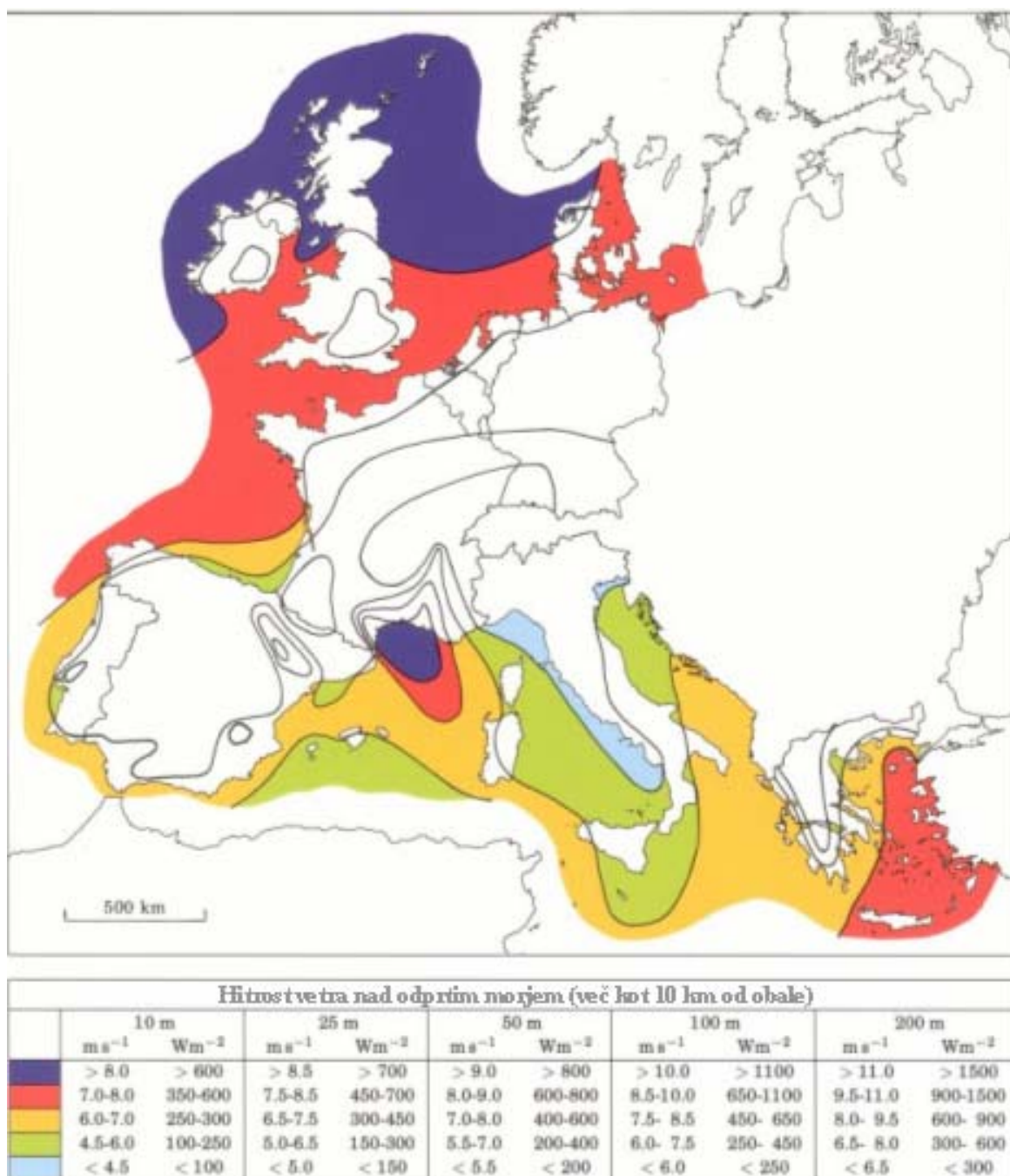
hrapavost in orografijo okolice. Tako lahko ocenimo potencial energije vetra tudi na lokacijah, kjer nimamo nobenih meritev.



Slika 2: Atlas vetra za centralno Evropo (Jungbauer, 1998)

Ker je veter sezonski pojav, ki se spreminja tudi od leta do leta, je pri izdelavi Atlasa vetra treba razpolagati z večletnimi podatki (vsaj urna povprečja), najbolje za 10-letno obdobje, izjemoma naj zadostuje le 2-letno obdobje. Podatke iz daljših časovnih obdobjih je zaradi možnih sprememb (hrapavost terena, prerazporeditev ovir, nove tehnologije v merilni tehniki – novejši, bolj občutljivi anemometri) težko primerjati med seboj. Pri kratkih časovnih obdobjih se poraja vprašanje statistične značilnosti nekega vetrnega pojava.

Pri izboru lokacije merilnih točk je treba zagotoviti predvsem dobro izpostavljenost anemometra, ki naj bo na višini vsaj 10 m, najbolje pa je na višini osi rotorja eventualnih vetrnic. V okolici se popiše vse ovire – stavbe, različno rastlinje – in določi njihovo višino, azimut in razdaljo do anemometra ter klimatološko poroznost, saj se ta z letnimi časi spreminja. Ovire namreč zastirajo tok vetra do 3 kratne lastne višine na razdalji 30-40 kratne lastne višine.



Slika 3: Atlas vetra nad odprtim morjem Evrope (The World..., 2006)

Hrapavost terena, tako vegetacije kot stavbe, zmanjšujejo hitrost vetra, zato je treba poznati vplive posameznih »vrst oz. poraščenosti«. Teren okrog merilnega mesta se razdeli na 12 sektorjev in za vsakega posebej določi dolžino hrapavosti z_0 glede na razred hrapavosti.

Preglednica 4: Hrapavost terena (Danish..., 2003)

Razred hrapavosti	Dolžina hrapavosti Z_0 [m]	Energetski indeks [%]	Opis krajine
0,0	0,0002	100	vodna površina morij in jezer
0,5	0,0024	73	odprti prostor z ravno površino; betonske ploščadi na letališčih, pokošeni travniki
1,0	0,03	52	odprta kmetijska krajina brez ograj in živih mej, z zelo razpršenimi zgradbami; mehko zaobljeni griči
1,5	0,055	45	kmetijska zemljišča z nekaj poslopji, do 8 m visoka zaščitni pasovi vegetacije, oddaljeni približno 1250 m od postaje
2,0	0,1	39	kmetijska zemljišča z nekaj poslopji, do 8 m visoka zaščitni pasovi vegetacije, oddaljeni približno 500 m od postaje
2,5	0,2	31	kmetijska zemljišča z nekaj poslopji, grmovnicami; ali do 8 m visoka zaščitni pasovi vegetacije, oddaljeni približno 250 m od postaje
3,0	0,4	24	vasi, manjša mesta; kmetijska krajina številnimi in visokimi zaščitnimi pasovi vegetacije, gozdovi; zelo grob, neraven teren
3,5	0,8	18	večja mesta z visokimi zgradbami
4,0	1,6	13	velemesta z nebotičniki

Hitrost vetra merimo v m/s, lahko pa jo določamo tudi s pomočjo Beaufortove skale, ki je definirana glede na učinke vetra na kopnem in morju. Kot taka je tudi laikom lažje dojemljiva. Na splošno je namreč hitrost relativno težko predstavljen pojem. Največkrat jo povezujemo z avtomobilsko hitrostjo, izraženo v večjih enotah, v km/h.

Preglednica 5: Beaufortova skala (citirano po Sailing..., 2006)

Jakost [bf]	Naziv vetra	Hitrost [m/s]	Učinek na morju	Učinek na kopnem
0	tišina	0,0 - 0,2	gladko morje	mirno; dim se dviga navpično
1	lahna sapica	0,3 - 1,5	drobni valčki	smer vetra opazimo po gibanju dima, ne po vetrokazu, zastavicah
2	sapica	1,6 - 3,3	valčki (10 cm)	veter čutimo po obrazu, listje trepeti, vetrokaz, zastavice se giblje
3	šibak veter	3,4 - 5,4	valovi in posamezne bele grive	listje in vejice na drevju se ves čas gibljejo, lahke zastave plapolajo
4	zmeren veter	5,5 - 7,9	precej belih griv na vse daljših valovih	veter dviga prah in papir, ziblje tanjše veje
5	precej močan veter	8,0 - 10,7	valovi vsi z belimi grivami, posamezne pene	zibljejo se tanjša listnata drevesa
6	močan veter	10,8 - 13,8	morje se zakadi, veliki valovi	gibljejo se debele veje, sliši se žvižganje žic
7	zelo močan veter	13,9 - 17,1	morje se kadi, večje penaste površine, razgibano morje	majejo se cela drevesa, otežkočena je hoja proti vetru
8	viharji veter	17,2 - 20,7	vsa gladina v dimu – pršca in pene, zmerno visoki valovi	veter lomi veje na drevju, hoja proti vetru v splošnem ni možna

(se nadaljuje)

(nadaljevanje)

Jakost [bf]	Naziv vetra	Hitrost [m/s]	Učinek na morju	Učinek na kopnem
9	vihar	20,8 - 24,4	razburkano viharo morje	prihaja do lažjih poškodb na stavbah; trga žlebove, ruši dimnike, odkriva opeko s streh
10	hud vihar	24,5 - 28,4	valovi višji od 3m se lomijo, pena zmanjšuje vidljivost	v notranjosti kopnega se redko pojavlja, ruje drevje, velika škoda na stavbah
11	orkanski vihar	28,5 - 32,6	izredno visoki valovi, vidljivost komaj kaj	zelo redek pojav, ki povzroča rušenje velikega obsega
12	orkan	32,7 - 36,9	v zraku pena in pršec, belo morje, vidljivost na minimumu	opustošenja velikega obsega

4.5 ZNAČILNOSTI VETRA NA SLOVENSKEM

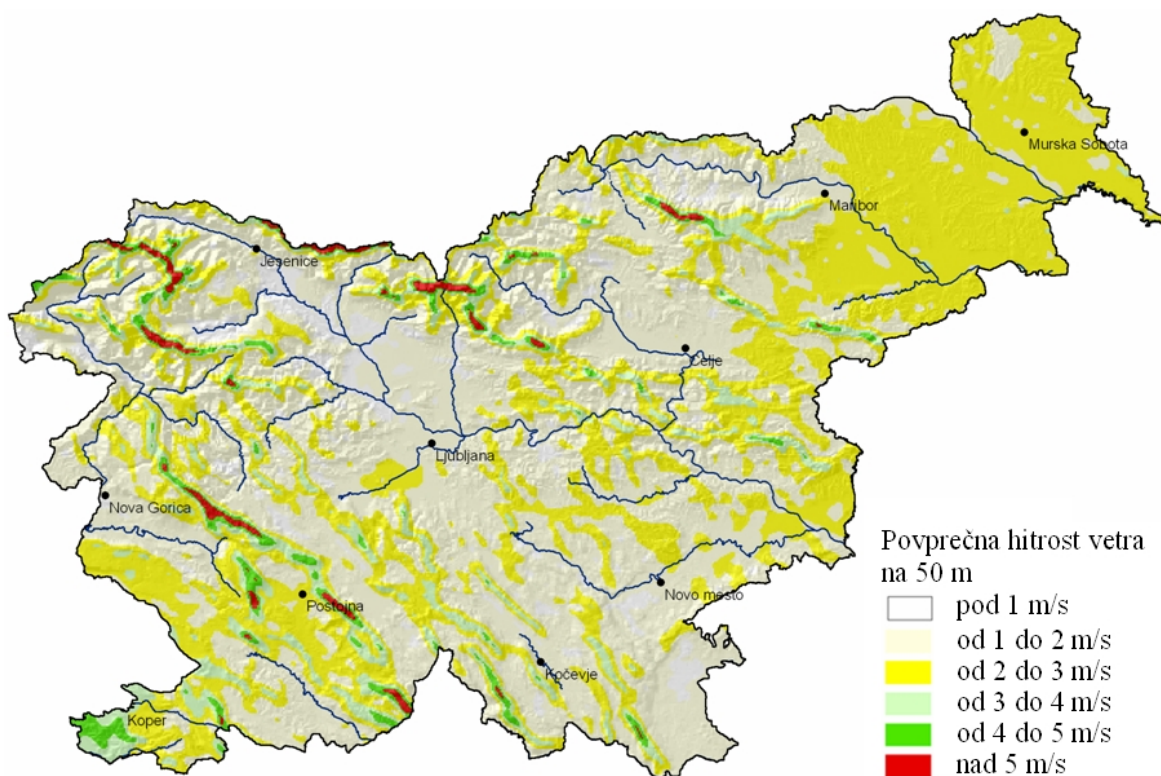
Bolj natančni od podatkov v Atlasu vetra za Evropo so seveda podatki v Atlasih vetra za posamezne države, kjer se upošteva tudi lokalne vplive na veter. Agencija RS za okolje je v sodelovanju s Katedro za meteorologijo pri Univerzi v Ljubljani zaključila projekt ocene povprečne hitrosti vetra in energijski potencial vetra v Sloveniji s pomočjo meteoroloških modelov. To predstavlja najboljšo klimatologijo vetra nad Slovenijo do sedaj – rezultat je karta poprečnega vetra 10 m in 50 m nad zemeljsko površino nad Slovenijo v 8-letnem obdobju in v časovnem intervalu 6 ur.

V Sloveniji se močan veter pojavlja v treh različnih oblikah, ki se med seboj razlikujejo po pogostosti, predvidljivosti in geografski lokaciji delovanja. Po Beaufortovi skali piha močan veter v intervalu hitrosti 10,8–13,8 m/s, torej v območju, kjer tudi vetrne turbine dosegajo maksimalne izkoristke pri proizvodnji električne energije. Vendar so ti vetrovi zaradi pogostih močnih sunkov, ko hitrosti presežejo 20 m/s, neugodni za vetrne elektrarne. Med močne vetrove v Sloveniji prištevamo kraško burjo, karavanški fen in vetrove, ki se pojavljajo ob nevihtah. Burja je omejena na Vipavsko dolino, Kras in Slovensko Primorje, kjer je pogost pojav, zlasti pozimi. Zaradi relativno dobre prilagoditve okolja in ljudi kljub svoji moči ne povzroča veliko škode. Karavanški fen je pogostejši pozimi in se pojavlja ob vznožju karavanških hribov od Žirovnice do Cerkelj na Gorenjskem. Tu je prilagojenost okolja rušilnemu vetru slabša, zato je škoda večja. Nevihte se pojavljajo povsod nad Slovenijo, a intenzivne nevihte z rušilnimi vetrovi so za posamezen kraj dokaj redek pojav, ki povzroči veliko škodo.

Iz podatkov izvedenih meritev Hidrometeorološkega zavoda RS za Atlas vetra v Sloveniji izhaja, da »imamo pri nas le na postajah Portorož, Ocizla in Dolga Poljana nekaj ur na dan v pomladanskih mesecih hitrosti večje od 5 m/s, vendar ne več kot 5,3 m/s. Pa še takrat piha močna burja ob kateri mora biti vetrnica ustavljena zaradi močnih sunkov« (Gerjevič, 1997b: 10).

Gerjevičeva (1997a: 33) trdi, da »je razvidno, da v Sloveniji nimamo stalnih močnih vetrov. Med 2 m/s in 3 m/s dosežejo pri letnem povprečju le postaje na Primorskem in v višje ležečih krajih, kot so Bilje (2,1 m/s), Ajdovščina (2,4 m/s), Koper (2,6 m/s), Portorož (3,0 m/s), Kovk (2,4 m/s) in Graška Gora (2,5 m/s). Povprečne letne hitrosti vetra dosežejo vrednosti nad 3 m/s le na treh obravnavanih postajah in sicer na Kumu (3,2 m/s), Rogli (4,0 m/s) in na Kredarici (5,2 m/s).«

Hidrometeorološki zavod RS je z WA^{SP} programskim paketom na podlagi nekajletnih meritev karakteristik vetra na različnih hidrometeoroloških postajah izračunal letno proizvodnjo energije pri uporabi različnih vetrnih turbin, moči od 5,5 do 600 kW in pri tem ugotovil, da »imata postaji Rogla - avtomatska postaja in Kredarica prekratko obdobje meritev, da bi se lahko na izračune zelo zanesli. Je pa postaja Kredarica edina izmed obravnavanih (8 postaj: Rogla na hotelu Planja, Rogla-avtomatska postaja, Kredarica, Ajdovščina, Brnik, Krško, Maribor, Portorož; op.a.) postaj, ki ima dovolj močne vetrove, da bi bilo smiselno izkoriščati energijo vetra. Pred dejansko postavitvijo vetrnice pa se je vsekakor treba natančno pozanimati pri proizvajalcu vetrovnih turbin o problemu primrzovanja ledu in vodnih kapljic na elise turbine« (Gerjevič, 1997d: 1). Skladna s tem je tudi trditev, da »Vetrovne turbine ne smejo stati blizu objektov, ker se njihova življenjska doba skrajša zaradi turbulence okoli objekta in tudi proizvodnja je manjša. Vetrovne turbine je pametno postaviti na vrh hriba, ker je tam hitrost vetra povečana. Ni pa jih smiselno postavljati višje od 1500 m nadmorske višine, ker imamo sicer precej velike probleme z zamrzovanjem propelerjev« (Gerjevič, 1997b: 11).



Slika 4: Atlas vetra za Slovenijo na višini 50m nad tlemi (Bertalanč, 2004: 3)

Značilnosti vetra v SV Sloveniji so določene na podlagi analiz meritev na meteoroloških postajah Celje, Maribor, Murska Sobota in Rogla (Dolinar, 1999). Meritve v Mariboru so reprezentativne za širše območje Dravsko-Ptujskega polja in deloma Slovenskih Goric. Značilni so močnejši južni (2,2 m/s) vetrovi in ne zelo pogosti močni severni (1,7 m/s) vetrovi. Drugi vetrovi so lokalni in močno odvisni od mikrolokacije. Veter s Ptujkega polja zapiha proti Slovenskim Goricam in Pohorju in se na območju Maribora kanalizira v dolino Drave. Za širše območje Prekmurja, Goriškega in vzhodni del Slovenskih Goric so značilni relativno močni severni (3,3 m/s), severovzhodni (2,3 m/s) in jugozahodni (3,0 m/s) vetrovi. Jugozahodnik piha pred fronto, severni vetrovi pa po umiku Genovskega ciklona. Ostali vetrovi so lokalni, tipični za posamezna obdobja dneva ali leta. Jugozahodnik je značilen za širše območje Celjske kotline. Je pogost in močan (2,2 m/s), zlasti pred fronto. Vetrovne razmere na Rogli so reprezentativne za višja območja SV Slovenije. Vetrovi so običajno močnejši, ker zračni tok ni tako močno upočasnen zaradi trenja s tlemi. Za Roglo je značilen relativno močan (4,3 m/s) jugozahodnik, ki piha pred hladno fronto, in običajno močnejši (5,7 m/s) sunkoviti severni veter, ko hladen zrak prodira vzhodno od Alp.

4.6 IZRABA VETRA NEKOČ

Pričevanja o uporabi vetra so stara skoraj toliko kot sama civilizacija. Sprva so veter izkoriščali le za promet po vodi, ko so prve jadrnice s primitivnimi jadri plule z vetrom od zadaj ali, v najboljšem primeru, s strani. Kasneje v srednjem veku, so se v azijskem svetu pojavila t.i. trikotniška latinska jadra, ki so omogočila jadranje skoraj proti vetru. Uporabnost jadrnic se je tako močno povečala, vožnja čez oceane in odkritja »novih svetov« ter kolonialna osvajanja so postala mogoča.

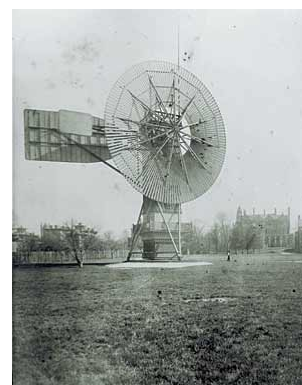
Menda so že avstralski Aborigini pred 40.000 leti poznali smeri vetra v ekvatorialnem pasu tako severne kot južne poloble. Egipčani so jadrli po Nilu navzgor proti toku že 3000 let pred našim štetjem. V 7. stoletju so Vikingi prepluli Atlantik.

Uporaba vetrne sile na kopnem se je začela precej kasneje. Šele pred dobrimi 2000 leti so na Kitajskem, v Afganistanu in v Perziji začeli uporabljati mline na veter predvsem za pogon namakalnih koles, črpanje vode in mletje žita. Prvotni primitivni mlini so imeli navpično os vrtenja in jih danes, posodobljene, še vedno najdemo na Kitajskem za namakanje polj ali črpanje vode. Nemški popotniki naj bi v 7. stoletju to tehnologijo prenesli v Evropo (Medved in Novak, 2000: 166), vendar naj bi jo kmalu izpodrinili mlini na veter s horizontalno osjo vrtenja. Na Nizozemskem so jih kmalu izpopolnili oz. dopolnili z dodatnim kolescem, postavljenim pravokotno na glavno kolo, ki je preko sistema vreten in koles zavrtelo ves zgornji del mlina in s tem glavno kolo v vetrovno najbolj ugodno lego.

Mlini na veter so se izkazali za najbolj koristne v ravninskih predelih, kjer je bila vodna energija redka. Na Nizozemskem so uporabljali vetrnice za izsuševanje morja (med leti 1608 in 1612 so izsušili jezero Beerster globoko 3 m s 26 vetrnicami). »Več kot 50.000

vetrnic je delovalo v Evropi v letu 1850, preden jih je nadomestil parni stroj. To pa vseeno ni zaustavilo gradnje vetrnic. Tako je v začetku 20. stoletja še vedno delovalo okoli 10.000 vetrnic. Tudi v Ameriki so bile vetrnice v množični uporabi. Več kot 80.000 so jih okoli leta 1900 uporabljali predvsem za črpanje vode. Boj s parnim strojem pa je vzpodbudil razvoj bolj učinkovitih vetrnic, proces, ki v veliki meri in uspešno še traja» (Medved in Novak, 2000: 166).

Z novimi tehnološkimi dosežki v času industrijske revolucije ter v blaginji fosilnih energentov je izraba vetra nekoliko zamrla, popolnoma pa ni bila nikoli odpisana. Charles F. Brush (1849-1929) velja za začetnika ameriške elektro industrije. Izumil je zelo učinkovit dinamo in ga vključil v javno električno omrežje, komercialno obločnico ipd. V zimi 1887-88 je zgradil prvi avtomatski vetrni generator na svetu. Za tedanje razmere je bil ogromen, a moč je bila le 12 kW. Rotor s premerom 17 m je sestavljalo 144 počasi tekočih lopatic. Več kot 20 let je uspešno napajal luči v vinski kleti Brushove domačije.



Slika 5: Pionirski vetrni generator Charlesa F. Brusha (Danish..., 2003)

Danec Poul la Cour (1846-1908), po poklicu meteorolog, velja za pionirja sodobnih, hitro vrtečih se vetrnih turbin, saj je leta 1891 zgradil prvo vetrnico, ki je proizvajala električni tok. Prav tako ga prištevamo med utemeljitelje sodobne aerodinamike, kajti za lastne raziskovalne potrebe je zgradil enega prvih vetrovnih tunelov. Ukvarjal se je s »shranjevanjem energije« in je elektriko, proizvedeno v »lastnih« vetrnicah, uporabljal za elektrolizo. Nastali vodik je uporabljal za plinsko razsvetljavo šole, v kateri je poučeval in kjer so dokaj redno menjavali stekla v oknih, ki so jih razdejale eksplozije.



Slika 6: Poskusna vetrna generatorja Poula la Coura (Danish..., 2003)

Že med drugo svetovno vojno so se, zlasti na Nizozemskem in Danskem, »spomnili« na vetrne elektrarne, saj je bila oskrba z gorivom zaradi vojnih razmer motena in nezanesljiva. Ponoven vzpon »vetrne industrije« se je začel v 70-tih letih prejšnjega stoletja s prvimi naftnimi krizami v državah Bližnjega in Srednjega Vzhoda. Ponovna naftna kriza in s tem povezana spremenjena politična moč velesil se je zopet pojavila lani, razkorak med enimi in drugimi državami se zdi, da se le še veča. Zaradi politične negotovosti in globalnih okoljevarstvenih problemov, kot segrevanje ozračja, se je ob prelomu tisočletij pojavila zahteva za uporabo novih alternativnih virov, med njimi tudi izkoriščanje energije vetra. K temu so silili ozaveščena javnost ter energetski in drugi strokovnjaki.

4.6.1 Slovenske izkušnje

4.6.1.1 Mlini na veter

V Sloveniji je v 19. st. in do sredine 20. st. vetrno energijo izkoriščalo nekaj sto mlinov na veter. Postavljeni so bili na Dravskem in Ptujskem polju, kjer ni bilo dovolj vodnatih potokov ali pa je bil vodni padec premajhen, da bi gnali vodne mline, kot na Ščavnici, Pesnici in Dravinji. Mlini na veter so se vrteli tudi na izpostavljenih obronkih Slovenskih goric, na grebenih Boča, v Haložah, na Kozjaku, Pohorju in v okolici Bohinja, torej tam, kjer v bližini ni bilo vode, saj je površinsko odtekla po nepropustnih tleh, do drugih vodnih mlinov pa je bilo predaleč. Razen redkih »grajskih« so bili mlini na veter predvsem pokazatelj relativne revščine in slabše prehrane kmetov. V Prlekiji, kjer je bila osnovna prehrana vezana na pšenico, vetrnih mlinov ni bilo, saj je le-ti niso zmogli dovolj dobro zmleti. Na Murskem polju so imeli bogati kmetje lastne vodne mline, ki so lahko mleli tudi pšenico, ali pa so si lahko privoščili transport žita do bližnjih vodnih oziroma plavajočih mlinov, zato se tam vetrni mlini niso pojavili. Na posestvih revnih kmetov, kjer je prehrana temeljila na koruzi, rži in ječmenu, so se vetrnice razvile v relativno velikem številu. Ob koncu 19. stoletja sta se z višanjem življenjskega standarda prebivalstva izboljšala tudi prehrana in transport in vetrni mlini so začeli propadati.

Najstarejši zapis o mlinu na veter v Sloveniji je iz leta 1525, ko je bil narejen popis inventarja gradu Vurberk. V kašči je bil omenjen »1 železni podstavek za vetrni mlin«. Glede na to, da od mlina ni ostalo nič drugega, nobenih lesenih delov, je moč sklepati, da je mlin tedaj že propadel in je torej obratoval, mlel že nekaj let pred izdelavo popisa. Morda so ob graščinah imeli prve vetrne mline, izdelane po zahodnoevropskem vzoru, individualni kmetje pa so si to idejo prilastili in si izdelali napravo po izkušnjah, ki so ji že imeli pri klopotcih in žrmljah (Belaj, 1970: 101). Sitar (2002: 27) domneva, da je bil to manjši, prenosljivi mlin nemškega tipa.

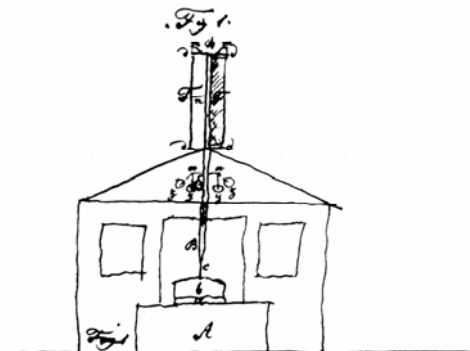
Iz 16. stoletja se je v zakladni najdbi v Jamskem gradu pri Postojni ohranil model oz. skrbno izdelana igrača vetrnega mlina. Čeprav gre najverjetneje za uvožen predmet, kaže ta najdba na tedanje poznavanje takšnih naprav in na verjetnost njihovega postavljanja tudi na Slovenskem (Sitar, 2002: 28).

Zaenkrat ne poznamo virov, ki bi govorili o obstoju mlinov na veter v 17. in 18. stoletju, saj o tem nista pisala ne J. V. Valvasor v Slavi vojvodine Kranjske, ki je izšla leta 1689, ne njegov sodobnik G. M. Vischer. V svojem matematično-fizikalnem učbeniku iz leta 1788 je o vetrnih mlinih na navpični osi pisal J. Vega (Sitar, 2002: 29).

Kasneje, leta 1836, so v Bleiweisovih »Novicah« predlagali izgradnjo »mlinov na sapo« zlasti na Notranjskem, v Loški dolini, kjer je visoka voda velikokrat uničila vodne mline in odnesla mlinske kamne. Zaradi močne kraške burje se nad to idejo niso navdušili, pač pa so jo sprejeli na Štajerskem (Struna, 1971: 131). Sitar (2002: 31) trdi, da je razprava o vetrnih mlinih oz. »mlinih na sapo« v Novicah potekala v letih 1856-57. Tako naj bi F. Jančar, župnik iz Slovenskih goric, predlagal zidano okroglo stavbo, »da se ga sapa lože ogibljuje«; vetrnica naj bi bila izdelana tako, da bi se sukala na vse štiri strani, a je tudi nevihta ne bi poškodovala. Kasneje se je polemika zaključila s predlogom, naj bo mlin sicer holandskega tipa, a naj se vrtijo le vetrnice, streha naj miruje. Najbolj obremenjeni deli konstrukcije naj bodo železni, čeprav to poveča stroške izdelave in tako omogoča le bogatejšim posameznikom ali združenim kmetom, da si ga zgradijo.

Že kmalu po izumu ladijskega vijaka, se je leta 1826 z izkoriščanjem vetrne energije ukvarjal tudi Josef Ressel, češko-nemški gozdar in politehnik, ki je služboval v naših krajih. Zaradi naprednih idej so ga neizobraženi kmetje na Krasu »šteli za norega« (Murko, 1985: 97). Njegovi predlogi in izboljšave so bili namenjeni tako domačemu kmečkemu prebivalstvu (pogon žrmlj, ki so jih sicer ročno vrtele kmetice, pogon dvokolesne krožne žage), kot egiptovskemu podkralju (namakanje polj s prečrpavanjem vode iz Nila). Njegova vetrna kolesa, predvsem z vertikalno osjo vrtenja, so bila namreč predvidena za uporabo »preprostega naroda« v najrazličnejših obrteh: kot hišni žitni mlin za pogon žrmlj; za pogon večjih žitnih mlinov, kjer ni bilo dovolj vodnih mlinov, zlasti v trdnjavah (vojaških utrdbah); za stiskalnice za olje, kjer koščica olive ostane cela; za drobljenje ječmena in hlajenje piva v pivovarnah; za pogon raznih stop, mlinov za apno, luščenje ječmena, ajde oz. za stopanje in valjanje sukna, za drobljenje rudnin v topilnicah za železo in steklarnah ter proizvodnjo smodnika. Namenjena so bila tudi prečrpavanju vode za

namakanje travnikov, riževih polj, za izsuševanje močvirij, v solinah za koncentracijo slanice ter za prečrpavanje vode v javnih kopališčih. Vetrni mlini naj bi poganjali tudi žage za les in za kamen ter fužinarska kladiva. Uporabljali naj bi jih za proizvodnjo papirne mase, ob koncu 18. stoletja pa za pogon prvih velikih papirnic (Murko, 1985: 93).



Slika 7: Resslov predlog za mlin na veter za kmečko družino (Sitar, 2002: 30)

Natančnih lokacij vetrnih mlinov oziroma naprav za izkoriščanje vetra v naših krajih ni mogoče preučiti iz starih katastrskih kart, niti iz Franciscejskega katastra ne, saj so bili to v glavnem manjši, nekaj metrov visoki, »kmečki, hišni oz. zasebni« leseni mlini v sklopu kmetij, mleli so za potrebe ene družine ali bližnjih sosedov, s poprečno dnevno zmogljivostjo 100 kg (Sitar, 2002: 39). V gričevnatih in hribovitih predelih so jih postavljali tik pod vrhove, tako da so se le lopatice oziroma vetrnice dvigovale nad greben (Baš, 1928: 8). Ohranjenega je le nekaj tekstovnega ali slikovnega gradiva o posameznih vetrnih mlinih, vendar je zaradi kasnejšega spreminjanja ali ponavljanja krajevnih imen, ter spreminjanja parcelnih meja (dedovanje, dota, združevanje, kasnejše melioracije ipd.) v nekaterih primerih težko izslediti njihovo dejansko lokacijo.

Slovenske mline na veter je že v začetku prejšnjega stoletja proučeval Franjo Baš. Predvsem ga je zanimala njihova razširjenost, razvoj in tipologija, vendar se je za napačno izkazala njegova trditev, da so klopotci starejši od mlinov na veter in da so mlini na veter nastali po njihovem vzoru (Sitar, 2002: 39). Poleg splošne delitve vetrnih mlinov na »nemški« tip - manjši, prenosni mlini, kjer se vrti po vetru celotna stavba, in na »holandski« tip - v veter se obrača le ostrešje z vetrnico oziroma lopaticami, prepozna oz. razlikuje Baš v Sloveniji pet različnih tipov mlinov na veter: prleški, šentmiheljski, dolgogorski, premični oziroma holandski in moderniziran mlin.

»**Prleška**« **vetrnica** je sestavljena iz dveh delov – hiše z žrmljami in zadnjega dela, kjer je na štirih nosilnih stebrih višine 6 m štirikraka vetrnica, ki se vrti okrog horizontalne osi, lahko pa se tudi obrača po vetru. Takšne so nekoč stale v Zagorcih, Senarski, Plodršnici, Velki, Sv. Miklavžu, na Ormožu in na Moravskem vrhu, v Orehovcih ter Sitarovcih.



Slika 8: Prleška vetrnica (Baš, 1928: 8)

Pri »šentmiheljskemu« tipu, ki je najbolj podoben klopotcu, se iz hišice z žrmljami ali v njeni neposredni bližini dviga en sam steber, višine 5-6 m, in nosi večlistno vetrnico. Le-ta se samostojno obrača v veter. Tak tip je bil pogost pri Sv. Mihaelu nad Sladko goro, na Dolgi gori ter na Dravskem polju v okolici Hajdine, v Laporjah in Hošnici.



Slika 9: Šentmiheljska vetrnica (Baš, 1928: 10)

Iz »šentmiheljskega« je nastal »dolgogorski« tip, ki je bil tehnološko najbolj zanimiv, saj so se lopatice vrtele horizontalno okrog vertikalne osi; zmožel pa je mleti tudi pšenico. Višina osi vrtenja se je med posameznimi mlini močno razlikovala. Mlin pri Sv. Jožefu nad Slovensko Bistrico je veljal za najbolj izpopolnjenega. Imel je štiri lopatice na višini 8 m, ki so bile z leseno ograjo zaščitene s severne in zahodne smeri, zato da so se žrmlje vrtele le v eno stran. Poleg tega mlina se je dolgogorski tip razvil še na Dolgi gori in na Polencu.



Slika 10: Dolgogorski mlin na veter (Baš, 1928: 11)

Po 1. svetovni vojni so vojaki, ki so se vrnilo z ruskih bojišč, vplivali na razvoj »premične« ali »holandske« vetrnice, ne da bi sploh poznali tedanje holandske mline na veter. Baš o tem tipu trdi, da se v veter obrača celotna konstrukcija – hišica, žrmlje in lopatice (Baš, 1928: 11), kar je sicer značilnost »nemškega« tipa. Napačno poimenovanje je najverjetneje posledica lapsusa. Taki »premični« vetrnici sta se vrteli v Zimici in Hajdini na Dravskem polju, kjer je bila hišica z žrmljami in vetrnico na tri metre visokem stebri.



Slika 11: Premična vetrnica (Baš, 1928: 12)

S konstrukcijskim izboljšanjem različnih tipov, predvsem »dolgogorskega«, je nastala »modernizirana« vetrnica, ki je zelo podobna severnoameriškim počasi tekočim vetrnicam. Nad hišico z žrmljami so se dvigali 8 m visoki železni stebri, na vrhu katerih se je okrog horizontalne osi vrtelo 18 lopatic (Baš, 1928: 12).



Slika 12: Modernizirana vetrnica (Baš, 1928:12)

Kušarjev mlin na veter v Spodnji Ložnici pri Slovenski Bistrici je do 1962 stal na robu ozke vzpetine, na odprtini med Bočem in Vitanjskimi planinami, kjer je najbolj pogost južni veter. Vetrno kolo je imelo štiri lopatice s horizontalno osjo vrtenja. Bile so dolge 8 m, imele so zunanje in notranje polknice, ki so jih odpirali oz. zapirali glede na moč vetra. Ponoči so vetrno kolo privezovali z verigo na drog in tako preprečevali morebitno vnetje preprostih lesenih ležajev (Struna, 1971: 132).



Sliki 13 in 14: Kušarjev mlin na veter (levo) v Spodnji Ložnici pri Slovenski Bistrici (Struna, 1971:131) in (desno) mlin na veter s Križnega vrha pri Poljčanah (Belaj, 1962: 102)

V neposredni bližini, na hribu s cerkvico sv. Jožefa, je stal že omenjeni vetrni mlin »dolgogorskega« tipa, vendar o njegovem nastanku ali propadu ni znano ničesar drugega (Struna, 1971: 131).

Istemu tipu kot Kušarjev mlin na veter je verjetno pripadal tudi mlin na veter s Križnega vrha pri Poljčanah (Belaj, 1962: 101).

Več kot 30 let je deloval že pred letom 1900 postavljeni Bolkovičin ali Keblerjev mlin v Črešnjevcih. Uporabljali so ga za mletje žita in za pogon žage, skobelnika ter stiskalnice (Sitar, 2002: 32).

V zadnjem desetletju 19. stoletja so se tudi na Slovenskem pojavili kovinski vetrni motorji, ki jih je izdelala tovarna vodovodnih in črpalnih naprav Anton Kunz v moravski Beli

cerkvi (Erste moerische Wasserleitungs-und Pumpenbau Anstalt Maehr.-Weisskirchen) in so bili namenjeni črpanju oz. oskrbi domačij ali obrti, industrije z vodo. Iz prospekta tovarne izhaja, da je knez Ernst zu Windischgraetz za črpanje vode na svoji posesti na Bledu postavil 20 m visok jekleni stolp z vetrnico, ki je imela 18 pločevinastih lopatic. Dobavitelj je leta 1902 ugotovil, da je v vseh preteklih petih letih delovala brezhibno.

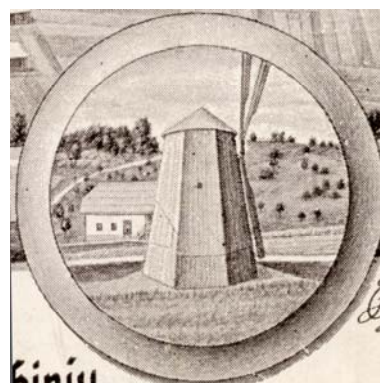
Cesarski svetovalec Franz Stingl je leta 1902 poročal iz Portoroža o vetrnem motorju, manjših dimenzij kot na Bledu, »ki že tri leta klub veliki oddaljenosti in globini vodnjaka obilno preskrbuje z vodo celotno obsežno posestvo« (Sitar, 2002: 33).

Med leti 1920-25 so na Mali gori pri Zadlogu nad Črnim vrhom v Trnovskem gozdu postavili okrog 8 m visok zidan stolp z zunanjim mehanizmom za izkoriščanje vetra, ki se je prilagajal smeri vetra. Najverjetneje je bila to žaga na veter, ki so jo dokončno porušili leta 1958 (Murko, 1985: 97). Za taisti mlin Sitar (2002:37) trdi, da so ga zgradili leta 1926, kot 8-kotno stavbo premera 9 m, in štiri listno vetrnico. Najprej je gnala le en mlinski kamen, kasneje so dodali še enega. Mleli so oves, ječmen in pšenico za precej oddaljene kmete. Zaradi močnega vetra so bile poškodbe mlina pogoste, hoteli so ga že opustiti, a je gospodarska kriza v 30. letih spodbudila njegovo obnovo. Novi mlin je obdržal staro stavbo, a novo osemlistno pločevinasto vetrnico je nosil novi 10 m visoki stolp. Med italijansko okupacijo Primorske so mleli ponoči na skrivaj, sicer pa je deloval še nekaj let po drugi svetovni vojni.



Slika 15: Vihteličev vetrni mlin na Mali gori pri Zadlogu nad Črnim vrhom (Sitar, 2002: 36)

Kot eden zadnjih znanih je v 70. letih prejšnjega stoletja, po skoraj 100 letih delovanja, propadel mlin na veter na Koprivniku v Bohinju. Bil je popolnoma lesen, nosilna zgradba je bila okroglega oz. šestkotnega tlorisa, višine 5 m (Bogataj, 1989: 84). Vetrnica premera okoli 8 m je segala skoraj do tal. »Mlin ni bil postavljen na vetrovom izpostavljeni višinski legi, marveč v dolinici ali bolj grapi ob stanovanjski hiši. Tam je mlin deloval na vzgornik ali spuščajoč se veter, zato vetrnice ni bilo treba obračati za spremenljivo smerjo vetra. Mlin so večkrat popravljali in predelovali, tudi tako, da je njegov leseni mehanizem lahko poganjalo vodno kolo, kadar je po grapi pritekla hudourni voda« (Sitar, 2002: 34).



Slika 16: Vetrni mlin na Koprivniku v Bohinju (Rojec, 1900: del razglednice Koprivnik v Bohinju)

Leta 1935 je Anton Vahtar postavil vetrno črpalko za vodo v Topolah pri Mengšu. Na domačem dvorišču je izkopal 14 m globok vodnjak z rezervoarjem za 12.000 l vode, poleg je stal stolp s kovinsko vetrnico. Zaradi slabega zanimanja sovaščanov za skupni vodovod so črpalko uporabljali le za domače potrebe, kasneje so jo želeli preurediti za pogon električnega generatorja, danes pa je ni več.

V prvih letih po drugi svetovni vojni so v Slovenskih goricah postavili po starih vzorih nekaj novih vetrnih mlinov. V Okoslavskem vrhu ga je leta 1947 zgradil Rudi Križan. V zgornjem delu se je obračal za vetrom, v spodnjem pa je bil mlevska naprava. Ker je bila brez čistilnih ter sejalnih naprav, so z njo mleli le za živinsko krmo. Mlin so opustili po hujši poškodbi vetrnice leta 1952. Leta 1948 je postavil mizar Ivan Kolarič stolp za vetrni mlin na strehi domače hiše v Črešnjevcih. Čeprav se njegova vetrnica ni obračala po vetru, je uspešno poganjala dinamo, žago in mlin. Napravo so opustili po hujši poškodbi leta 1952 ali 1953. Kratko življenjsko obdobje je imel vetrni mlin v Negovi, ki ga je postavil Franc Kramberger na štirih lesenih tramovih in je z najvišjo točko vetrnice dosegel 18 m. Mlel je le za domače potrebe. Ko je močan veter po dveh letih polomil vetrnico, ga niso več obnovili (Sitar, 2002: 40).

Danes je kot živi muzej ohranjen mlin na veter na Stari Gori v Slovenskih goricah. Ta lokacija je nova, izbrana zaradi turistično-etnografskih razlogov, a je tudi vetrovno zelo ugodna. Turistično društvo Sv. Jurij ob Ščavnici je mlin leta 1996 obnovilo po predlogah Becovega mlina s Kokolajnsčeka, ki mu, zaradi pestre zgodovine, pravijo tudi »potujoči« mlin na veter. Prvotno naj bi stal v Rucmancih, nato so ga preselili v Zasade, kasneje na grič Fenčak ob Vičaru. Zadnji lastnik in mlinar Alojz Bec ga je dobil za doto in ga postavil na svoji kmetiji na Kokolajnsčeku, kjer se je vrtel do propada leta 1957. Danes v leseni stavbi mlina, višine 12,5 m, stoji mlinsko kolo, ki ga poganja vetrnica s štirimi lopaticami, premera 11 m. Pogonski del mlina je sicer vrtljiv, a ročno, da se lahko vetrnico usmeri in prilagodi najugodnejšim vetrovom. V muzejsko-turistične namene mlin še vedno opravlja svojo prvotno funkcijo, melje žito, kot znamenitost pa je upodobljen tudi na znamkah slovenske pošte za 16 tolarjev.



Sliki 17 in 18: Mlin na veter na Stari Gori (levo) in Vogrinov mlin (desno) v Sp. Jakobskem dolu (foto: Š. Mikelj)

Leta 1998 so v Jakobu oz. v Spodnjem Jakobskem dolu v severnih Slovenskih Goricah postavili Vogrinov mlin. Tudi v tem primeru niti lokacija niti nekateri sestavni deli - hišica v obliki grajskega, trdnjavskega stolpa, štiri listna vetrnica premera 14m in podolgovat rep, ki usmerja v veter - niso avtentični, vendar želi lastnik na ta način ohraniti spomin na že propadle tri krajevne mline na veter (Plodršnica, Velka, Marija Snežna). Vetrna energija je tu zelo dobro izkoriščena, saj melje žito (300 kg dnevno), stiska olje in proizvaja elektriko in tako predstavlja tudi vir zaslužka. Zanimivo je, da je »srce« mlina avtentično (naprava za mletje žita, stiskalnica za olje in alternator za pridobivanje električne energije), staro okrog 100 let.

V letih 1999-2000 je po vzoru starih mlinov podobnega postavil tudi Branko Fekonja na Stavešinskem vrhu. Na lokaciji nekdanje lanišnice, kjer so trli lan, izdelovali pletene lanene vrvi in kasneje imeli žrmlje na konski pogon, je zgradil leseno stavbo- hišico, višine 7,5 m, ki nosi štiri listno kovinsko vetrnico. V notranjost je klasičnemu mlinskemu kamnu dodal še valjni mlin. Za prikaz delovanja mlina v brezvetrju načrtuje še električni pogon vetrnice (Sitar, 2002: 45).

Vetrno energijo so relativno pozno začeli izkoriščati tudi v slovenskih solinah v Sečovljah oz. Fontaniggah in v solinah Fazan. Za pretakanje morske vode po solnih poljih in notranjih kanalih skozi sistem zapornic so uporabljali lesene ročne črpalke, ki so jih kasneje, okrog 1914, dopolnile vetrne črpalke. Oba tipa črpalk so uporabljali do 60. let 20. stoletja, ko so opustili še zadnji dve področji starih solin. Vetrne črpalke so se razvile v dva tipa – v prenosno in pomično črpalko - glede na ogrodje oz. na možnost spreminjanja zajemanja smeri vetra. Pri prenosni se lahko premika, prenaša celotna konstrukcija črpalke. Pomična pa ima notranji nosilni drog konstrukcije fiksen, zunanji pa je premičen okrog fiksne osi, zato se lahko jadro obrača v veter. Tako je solinar, ko je prečrpal zadostno količino vode, jadri obrnil v smer nasproti vetru ter ustavil črpalni mehanizem. Osnovna pogonska naprava – na lesen drog napeta platnena jadra – pa je ostala skupna obema tipoma črpalk (Žagar, 1996: 144).



Sliki 19 in 20: Vetrni črpalki v solinah – levo pomična (foto: Š. Mikelj) in desno prenosna (Žagar, 1996: 144)

4.6.1.2 Klopotec

Svojevrstno izrabo vetra predstavlja klopotec, ki ga prištevamo med slovenske etnološke znamenitosti in tudi ljudska glasbila – v skupino lesenih ropotal, saj ga »morajo uglasiti, da poje ubrano, tudi ko se vključi v zbor« (Perko in Orožen Adamič, 1999: 591). Klopotec je danes simbol vinorodnih krajev SV Slovenije, čeprav se je v 18. stoletju najprej pojavil na žitnih poljih in v sadovnjakih. Že v antični dobi so za odganjanje ptic s polj uporabljali različna lesena ropotala. V 17. stoletju pa so s podobnimi klopotajočimi napravami plašili ptice iz nürenberških sadovnjakov. Klopotec, kot ga poznamo danes, je izviren slovenski izdelek, ki so ga kasneje povzeli tudi v sosednjih državah. Njegov nastanek povezujemo z narodnim gospodom, graščakom z gradu pri Otočcu, Franc Antonom von Breckerfeldtom. Ta je v 18. stoletju zahteval spremembo v tradicionalnem gorskem pravu – naj kvaliteta zamenja kvantiteto. Grozdje naj se začne trgati glede na stopnjo zrelosti posamezne sorte, ne pa vse sorte hkrati ter mnogo prezgodaj le iz strahu, da ga ne bi pozobali ptiči. Takrat naj bi, po vzoru mlinov na veter, za preganjanje ptic (drozgov, kosov, škorcev, vrabcev) iz vinogradov prvič postavili klopotce, saj se ti zavrtijo že ob najmanjšem vetrcu. Gorsko pravo je bilo na Štajerskem uzakonjeno leta 1543. To so pravna, v gorskih bukvah zapisana pravila, veljavna na vinskih gorica oz. gorah, ki so zagotavljala redno obdelavo vinograda, določala kazenske sankcije ipd. (Javornik, 1989: 416). Tradicija postavljanja klopotcev se je obdržala vse do danes, čeprav današnji vinogradniki dvomijo v njihovo uspešnost odganjanja ptic. A na tak način se ohranja sicer izginjajoča tradicija ljudskih praznovanj, ki so spremljala postavitve klopotcev. Navadno se to dogaja med 10. in 15. avgustom, ko začne zoreti grozdje, pri tem pa vinogradniki tekmujejo, čigav klopotec bo najvišji in najglasnejši. Konec oktobra, po trgatvi, pa jih ponovno pospravijo, najkasneje pa do Martinovega – 11. novembra. Gospodarja, ki pozabi sneti klopotec, lahko presenetijo vaški fantje in ponoči klopotec dobesedno ukradejo, na drogu pa pustijo, sporočilo kakšna je odkupnina, da ga dobi nazaj. Klopotcu ljudsko verovanje pripisuje magično moč: je varuh in zaščitnik goric, iz vinogradov izganja kače, je vinski boter, njegovi kiji pa naj bi tudi mehčali grozdje.

Klopotec je v bistvu lesena vetrnica, na 4 do 8 m visokem stebru, ki lahko tehta do 100 kg. Sestavljena je iz lesenega jarma oziroma stola, skozi katerega je prečno vsajen gredelej. Na eni strani horizontalne osi so pritrjene lopatice ali letance, na drugi strani osi pa je rep ali metla, navadno iz brezovih vej ali sirka, ki skrbi za obračanje klopotca v veter. Bistveni del klopotca so po sredi osi pritrjena kolesca ali potači, med katera so po obodu obešena po štiri kladivca ali macljeki. Ti ob vrtenju osi udarjajo po leseni resonančni deski ali blanji in značilno klopotajo. Ptice naj bi odganjal zvok, ki ga človeško uho sicer ne zazna, nastaja pa le, če so uporabljene prave vrste lesa – npr. češnjev ali višnjev les za izdelavo resonančne deske.

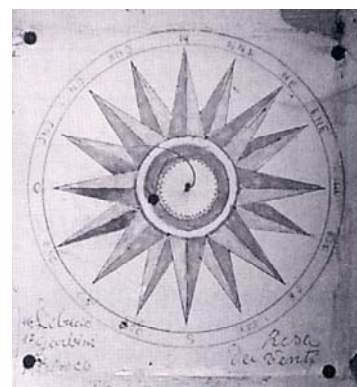
Poznamo več tipov klopotcev. Velikost naprave zavisi od vetrovnosti področja in družbene pomembnosti lastnika, število lopatic pa od kraja nastanka klopotca. Po Šoštaricu naj bi bil najbolj dognan in hkrati enostaven štirilopatični prleški oziroma slovenjegoriški klopotec, ki je razširjen do hrvaške meje (Perko in Orožen Adamič, 1999: 591). V severnem delu Slovenskih Goric, v okolici Maribora, na vzhodnem obrobju Pohorja, na Kozjaku in v Halozah je značilen »haloški« šestkrilni klopotec, v Svečinjskem kotu pa postavljajo klopotce z osmimi do dvanajstimi lopaticami. Na Dolenjskem se je razvila inačica z dvema ali tremi lopaticami in kovinskimi akustičnimi deli, drugod pa so klopotcem odvzeli resonančno desko ter kladivca, tako da s trenjem gredi ob lesen ležaj v jarmu odganjajo miši in se zato imenujejo mišjeki.



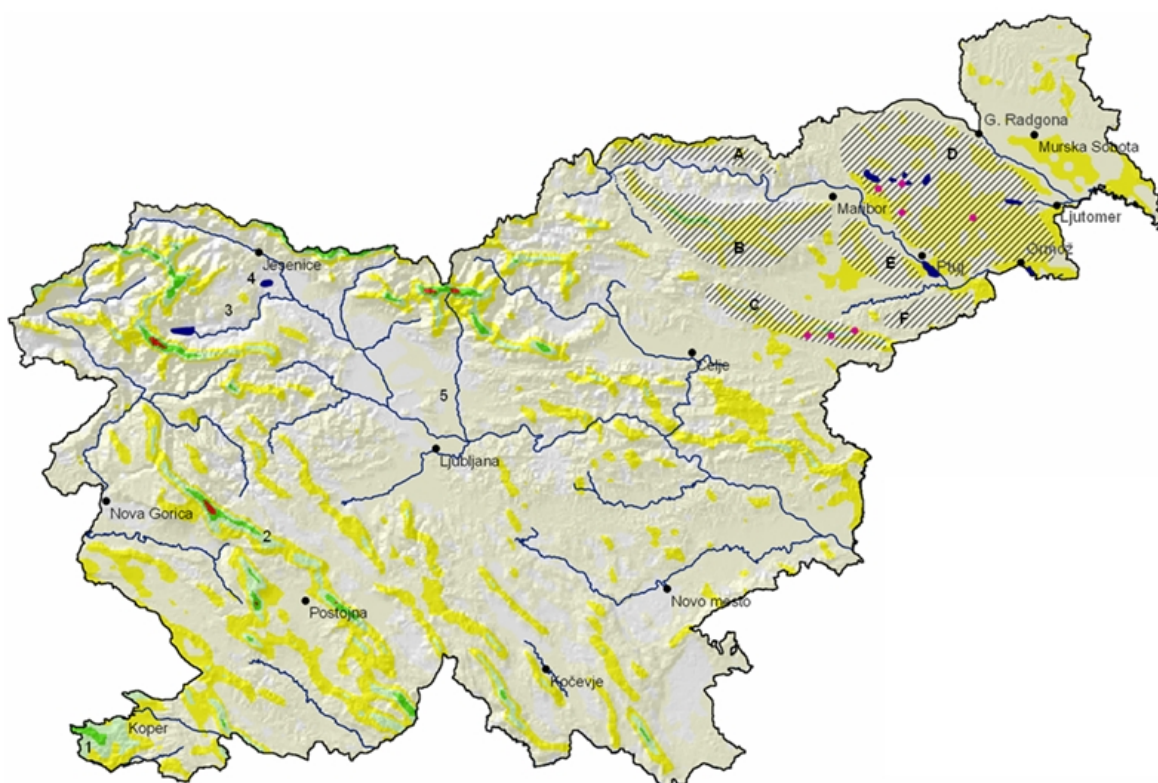
Slika 21: Klopotec (foto: Š. Mikelj)

4.6.1.3 Roža vetrov

Solinarji so vreme nekoč napovedovali s pomočjo »rože vetrov« ali vetrovnice. To so sestavljale barvne slike različnih motivov, ob katerih so bili zapisani posamezni vetrovi. V sredino rože so zatakneli plodič dolgokljunatega čapljevca (lat.: *Erodium ciconium*/L./L'Her), ki je zelo higroskopičen in se zaradi vlage, ki jo prinašajo posamezni vetrovi, razteguje in krči ter obrača v smeri vetra, ki prinaša vlago (Žagar, 1996: 149). Wraber je vetrovnico še leta 1995 našel v uporabi pri upokojenemu solinarju (Wraber, 1995: 174).



Slika 22: Roža vetrov ali vetrovnica (Wraber, 1995: 176)



Legenda:

- 1 – Portorož, soline
- 2 – Črni vrh v Trnovskem gozdu
- 3 – Koprivnik v Bohinju
- 4 – Bled
- 5 – Mengeš

- A – Kozjak
- B – Pohorje
- C – Boč in Konjiške gore
- D – Slovenske gorice
- E – Dravsko – Ptujsko polje
- F – Haloze

• – lokacije fotomontaž

Povprečna hitrost vetra
na 10 m

- pod 1 m/s
- od 1 do 2 m/s
- od 2 do 3 m/s
- od 3 do 4 m/s
- od 4 do 5 m/s
- nad 5 m/s

Slika 23: Združena karta hitrosti vetra 10 m nad tlemi (Bertalanič, 2004: 4), posamične lokacije in strnjena območja nekdanjih mlinov na veter ter lokacije fotomontaž »anketnega vprašalnika

4.7 IZRABA VETRA DANES

Ponoven vzpon »vetrne industrije« se je začel v 70-tih letih prejšnjega stoletja. Vetrni generatorji postajajo vse večji – višji in z daljšimi lopaticami rotorja, da zajamejo čimveč vetra in ga pretvorijo v električno energijo. Tako je po navedbah tovarne vetrnih generatorjev Nordex (Peters, 2006) trenutna najmočnejši in največji vetrni generator na svetu, ki je vključen v javno električno omrežje, pred kratkim postavljen pred pristaniščem Rostock v Nemčiji. Na 125 m visokem stolpu je nameščen rotor s premerom 90 m, nazivna moč je 2,5 MW. Kot prototip je družba REpower že lani postavila 5 MW vetrni generator, z rotorjem premera 126 m na 120 m visokem stebru in ga poskusno vključila v nemško električno omrežje. V enem letu testnega obratovanja se je tako dobro obnesel, da letos načrtujejo postavitev dveh enakih na kopnem v Nemčiji in dveh v morju pred škotsko obalo (5M, 2006). Aprila letos pa se je s finančno pomočjo Evropske skupnosti začel projekt »UpWind«, ki naj bi do leta 2010 raziskal možnosti za razvoj zelo velikih vetrnih generatorjev z močjo več kot 20 MW (Valentiny, 2006).



Slika 24: Fotomontaža 5MW vetrne turbine (5M, 2006)

Sisteme vetrnih generatorjev delimo glede na njihovo zasnovo in namen v tri skupine:

- **Samostojni sistemi – posamezni vetrni generatorji**, so namenjeni proizvodnji električne energije ali mehanskemu delu (namakalni sistem, žaga) v neposredni bližini uporabe in niso vključeni v javno električno omrežje. Pogosto so dodatno opremljeni z baterijami, kjer se akumulira višek proizvedene elektrike, da se lahko uporabi tudi takrat, ko vetrne razmere niso primerne za delovanje vetrnega generatorja. Najbolj pogosti so v z daljnovidnim omrežjem težko dostopnih individualnih gospodinjstvih ali gospodarsko-industrijskih obratih; npr. v puščavskih predelih Avstralije, prerije v ZDA. Zaradi državne podpore privatnim, lastniškim vetrnim generatorjem pa tudi na Danskem.
- **Integrirani sistemi** – vetrnim generatorjem so pridruženi drugi generatorji (sončne celice, diesel generatorji), ki zagotavljajo električno energijo tudi v neugodnih vetrovnih razmerah. Tudi v tem primeru je potrošnja bolj ali manj lokalnega značaja. Tak sistem obratuje na Kredarici za potrebe meteorološke postaje in planinskega doma, ter drugod v slovenskih gorah.

- **Vetrne farme – vetrne elektrarne – vetrna polja** so sistemi z velikim številom vetrnih generatorjev, ki stojijo na vetrovno primernih lokacijah in so vključeni v javno električno omrežje. Taka polja vetrnih generatorjev tudi t.i. »parki vetrnih generatorjev« (ang. wind turbine park) lahko stojijo na kopnem ali v vodi – na plitvinah in obalah jezer in morij (ang. off-shore). Način umestitve posameznih vetrnih generatorjev znotraj vetrne elektrarne v prostor je odvisen od vetrovnih in tehničnih razmer ter oblikovalskih stališč. Vetrni generatorji so lahko postavljeni v dolгих, ravnih, pravilnih potezah, lahko sledijo linijam krajine (po izohipsah, vzdolž obale, po grebenu), razporejeni so lahko v pravilnem rastru, v gručah, lahko pa so postavljene v prostor brez razvidnega oblikovalskega pristopa.

4.8 NAČRTI V SLOVENIJI

Izkoriščanje energije vetra za proizvodnjo elektrike je v Sloveniji še v začetni fazi. Trenutno obratuje le nekaj manjših posameznih vetrnih turbin šibkih moči, ki proizvajajo elektriko za lastne potrebe. Taka sta vetrna generatorja pri Triglavskemu domu na Kredarici, ki oskrbujeta meteorološko postajo in planinsko dom. Njuna skupna moč je okrog 4 kW; ležita praktično na najvišji možni točki v Sloveniji (2515 m), kjer precejšnje nevšečnosti povzročajo sunki vetra in primrzitve ledu. Decembra 2005 sta led in veter polomila oba vetrna generatorja, a sta bila kmalu obnovljena. V kombinaciji s sončnimi celicami in električnim agregatom se tako proizvede dovolj električne energije, da v domu niso potrebne redukcije elektrike.



Slika 25: Vetrna generatorja pri Triglavskemu domu na Kredarici (foto: Franc Kaučič)

Septembra 2001 je začel uradno obratovati vetrni generator pri Prešernovi koči na Stolu (2198 m), ki ima moč 240 W (Tavčar, 2002). Po letu dni poskusnega obratovanja so septembra 2002 vključili v uradno obratovanje tudi vetrni generator pri Domu Valentina Staniča (2332 m) pod Visoko Vrbanovo Špico (Vrhovec, 2003).



Slika 26: Vetrni generator pri Domu Valentina Staniča (foto: Zvone Tavčar, cit. poVrhovec, 2003: 40)

Jeseni 2005 je začel poskusno obratovati vetrni generator nad Cojzovo koč (1799 m) na Kokrškem sedlu. Na skoraj 10 m visokem stebru je rotor premera 3 m. Nazivna moč vetrnega generatorja je 1,4 kW (Mirkovič, 2006b: 9).

Občina Vipava je v letu 1998 uspešno kandidirala v programu Evropske unije »Ecos Ouverture« in pridobila denarna sredstva za meritve energetskega potenciala vetra v Sloveniji. Izvajalca del sta slovensko podjetje Elektro Primorska, d.d. in špansko podjetje Energia Hidroelectrica de Navarra, ki že ima izkušnje z vetrnimi elektrarnami. Po kratkotrajnih uvodnih meritvah na več lokacijah na Primorskem so bile za nadaljnje meritve in preverjanja za izgradnjo vetrnih farm izbrane in predlagane le štiri: Banjščice nad Novo Gorico (98 vetrnih generatorjev), Gora oz. Sinji vrh nad Ajdovščino (110 vetrnih generatorjev), Nanos nad Vipavo (94 vetrnih generatorjev) ter Volovja reber oz. Snežnik nad Ilirsko Bistrico (81 vetrnih generatorjev). Vse te predlagane lokacije vetrnih elektrarn predstavljajo svojevrsten prostorsko-varovalni paradoks, saj se nahajajo znotraj predlaganih ali že obstoječih krajinskih ali regijskih parkov, kjer so varstveni režimi vpeljani ravno zato, da zaščitijo redke ali značilne rastlinske in živalske vrste, združbe. Mnoge od njih so namreč že na seznamih ogroženih.

Po prvotnih načrtih naj bi bilo povprečno v posamezno vetrno elektrarno vključenih okrog 20 vetrnih generatorjev, vsak z močjo 750 kW. Posamezna predlagana vetrna elektrarna bi tako imela moč okrog 15 MW, torej vse skupaj okrog 60 MW. Nosilni stožčasti stebri iz varjenih jeklenih plošč s 3 platformami naj bi bili visoki 43 m ali 48 m, trolopaticni rotorji pa premera 48 m in 1810 m² površine. Lopatice iz poliestra, ojačane s steklenimi vlakni, naj bi merile 23,16 m v dolžino. Skupna teža celotne vetrne turbine naj bi bila 75 t oziroma 83 t. Za zagotavljanje primerne stabilnosti in varnosti bi bili zato potrebni temelji dimenzij okrog 11×11 m². V bližini predlaganih lokacij so obstoječi 110 kV daljnovodi, zato naj bi tudi novi vklopi potekali preko enakih napetostnih povezav.

Za natančnejšo ocenitev vetrnega potenciala je investitor Elektro Primorska, d.d. leta 1999 postavil dodatnih osem merilnih postaj na izbranih območjih. Tako pridobljene podatke o hitrosti in smeri vetra je investitor sicer označil kot poslovno tajno, a iz Poročila Ministrstva za okolje in prostor iz O&P biltena za september 2000 (Podlesnik, 2000)

izhaja, da je »na podlagi do sedaj opravljenih meritev je možnost za izgradnjo elektrarn na veter na štirih lokacijah, in sicer:

- Gora nad Ajdovščino s skupno močjo vetrne elektrarne 82,5 MW (110 vetrnih generatorjev),
- Nanos nad Vipavo z močjo 70,5 MW (94 vetrnih generatorjev),
- Volovja reber pri Ilirski Bistrici z močjo 60,75 MW (81 vetrnih generatorjev) in
- Banjščica nad Novo Gorico z močjo 73,5 MW (98 vetrnih generatorjev).«

Razkorak med prvotnimi načrti pred dodatnim merjenjem hitrosti vetra (vse štiri elektrarne skupaj bi imele okrog 60 MW moči) in ocenjenim možnostim po pridobitvi dodatnih podatkov (v poprečju je vsaka posamezna elektrarna moči 70 MW) je ogromen, zato se poraja vprašanje, kje je prišlo do napake. Najverjetneje je investitor precenil pridobljene podatke, saj je danes le lokacija na Volovji rebri nad Ilirsko Bistrico v fazi pridobivanja vseh potrebnih soglasij za postavitve vetrne elektrarne. Kljub odmevnim protestom zainteresirane javnosti, naravovarstvenikov in drugih so uspeli pridobiti 34 potrebnih soglasij, manjka le še soglasje Zavoda za varstvo narave. Kot pravi Karlo Peršolja, ki je v Elektro Primorski, d.d., zadolžen za projekt vetrnih elektrarn, bi se v preteklih štirih letih, kolikor že traja postopek pridobivanja dovoljenj, polovico vloženega denarja že povrnilo. V celotni proizvodnji električne energije v državi bi te vetrne elektrarne sicer prispevale majhen delež, a bi zagotovile toliko energije, kot jo porabijo gospodinjstva v občinah Postojna, Ilirska Bistrica, Pivka in Divača (Mirkovič, 2006a: 14-15).

Zaenkrat vse nove aktivnosti oz. meritve v zvezi z eventualnimi vetrnimi elektrarnami v Sloveniji potekajo v primorskih občinah. To je precej logično, saj je nosilec projekta Občina Vipava, soizvajalec del pa Elektro Primorska, d.d.. Oba stremita k izvedbi projekta na njima čim bližjih lokacijah.

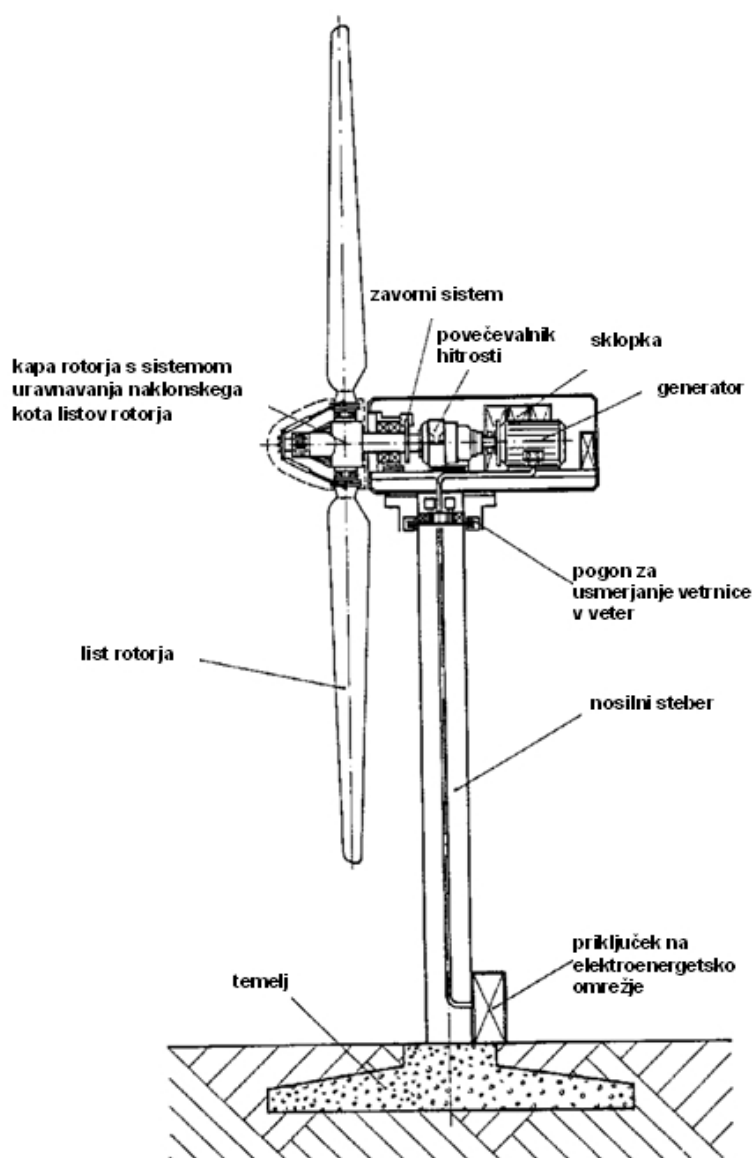
Ne glede na rezultate meritev na priobalnih lokacijah bo najbrž treba kmalu iskati nove prostore, lokacije primerne za izgraditev vetrnih elektrarn, da bi lahko vsaj delno uresničili zahteve, ki izhajajo iz kjotskega protokola. Osnovna lokacijska zahteva za postavitve vetrnih elektrarn je ustrezna prevetrenost prostora. Ta se izkazuje v izmerjenih vrednostih vetra na avtomatskih merilnih hidrometeoroloških postajah, ki jih je v Sloveniji sicer precej, vendar zaradi razgibane orografije ne dovolj, da bi bili podatki merodajni za širše območje.

Pri iskanju primernih lokacij za sodobne vetrne turbine se lahko opremo na izkušnje, ki jih slovenski človek z izkoriščanjem vetra že ima. Od konca 19. st. pa vse do sredine 20. st. je namreč v Sloveniji delovalo nekaj sto mlinov na veter. Strnjeno so se pojavljali v SV Sloveniji, zlasti na Dravskem in Ptujskem polju, v Slovenskih Goricah, okrog Boča, na Kozjaku in v Halozah, posamezni primerki pa so se vrteli tudi v okolici Bohinja, na robu Trnovskega gozda ter v solinah. Čeprav je njihov nastanek vezan predvsem na pomanjkanje tekoče vode, ki bi gnala vodne mline, in delno na vrsto prehrane, se raznovrstne naprave za izkoriščanje vetra ne bi razvile, če v omenjenih krajih ne bi bilo

primerneга vetra. Podobno je moč opaziti tudi v razširjenosti klopotcev. Ravno zaradi tako močne prostorske diferenciacije pojavljanja klopotcev in mlinov na veter je smiselno preveriti iste lokacije tudi z vidika privlačnosti in ranljivosti za današnjo, sodobno tehnologijo izkoriščanja vetrne energije.

4.9 SESTAVNI DELI SODOBNEGA VETRNEGA GENERATORJA

Zaradi velikih dimenzij (do 120 m višina stebra in dolžina lopatic do 63 m) in teže (do 1000 t) se vetrni generator šele na lokaciji njegove postavitve sestavi skupaj. Najprej so potrebni dovolj veliki in globoki temelji, nato se zvari skupaj posamezne segmente nosilnega stebra, nanj se namesti ohišje elektrarne, nazadnje se pritrdi še rotor in lopatice. Glavni sestavni deli sodobnega vetrnega generatorja so:

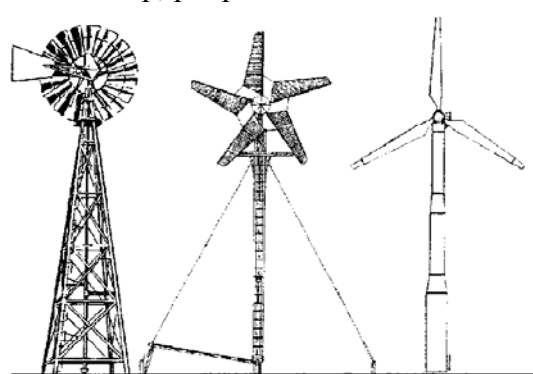


Slika 27: Glavni sestavni deli sodobnega vetrnega generatorja (Jungbauer, 1998: 15)

4.9.1 Nosilni steber ali stolp

Nosilni steber (ang. tower) nosi težo celotne konstrukcije vetrnega generatorja. Glede na obliko ločimo več tipov:

- Cevasti jekleni stolp (ang. tubular steel tower) stožčaste, konične oblike, ki se proti vrhu oži, je sestavljen iz varjenih ukrivljenih jeklenih plošč (sektorji višine 20-30 m, ki jih sestavijo skupaj na lokaciji generatorja), največkrat svetlo sive barve. Vrata v spodnjem delu in stopnice v notranjosti stebra omogočajo dostop do ostalih elementov elektrarne, ki so v stolpu oz. na njegovem vrhu.
- Mrežasti ali rešetkasti stolp (ang. lattice tower) zelo spominja na stebre električnih daljnovodov. Poglavitna prednost so manjši stroški izgradnje, saj je potrebna le polovična količina jekla za doseganje enake stabilnosti, kot pri cevastem stolpu. Zaradi zabeležene estetske neprivlačnosti, večje mortalitete ptic (trk v steber), težjega servisiranja elektrarne so danes skoraj popolnoma opuščeni.
- Stolp v obliki jambora oz. droga (ang. guyed pole tower), podprt z več žicami, je primeren le za manjše vetrne generatorje. Zaradi precej manjše teže samega stebra je tudi prihranek pri izgradnji precejšen. Problem pa predstavlja občutljivost stebra in s tem celotnega vetrnega generatorja za eventualni vandalizem ter težje servisiranje in dostopnost z mehanizacijo v neposredno bližino generatorja.
- Hibridni, kombinirani stolp (ang. hybrid tower) je lahko različna kombinacija zgoraj omenjenih tipov stolpov. Največkrat gre za mrežasti stolp, podprt z žicami.



Slike 28, 29 in 30: Oblike nosilnih stebrov: rešetkasti stolp (levo), kombiniran stolp (v sredini) ter cevasti jekleni stolp (Jungbauer, 1998: 52)

Višina nosilnega stolpa – je odvisna od več faktorjev:

- Cene izgradnje; stroški stolpa predstavljajo do 20 % cene celotne vetrne elektrarne. Pri 50 metrskem stolpu so stroški izgradnje dodatnih 10 m višine okrog 15.000 USD.
- Vetrovne in ostale razmere v prostoru; kjer je hrapavost okolice vetrne elektrarne velika, je primeren višji stolp, saj hrapavost z višino vpliva vse manj, tako da je hitrost vetra v najvišji in najnižji točki vrteče se vetrnice bolj ali manj enaka.
- Predvidene moči vetrnega generatorja oz. elektrarne.

4.9.2 Ohišje vetrnega generatorja

Ohišje vetrnega generatorja (ang. nacelle) je na vrhu nosilnega stebra in je enake barve kot steber in lopatice. Samo ohišje nima nosilne funkcije, temveč predstavlja le zaščito ostalih elementov (menjalnik hitrosti, generator ipd.) vetrnega generatorja pred vremenskimi vplivi. Omogoča tudi vsa vzdrževalna dela in preglede. Za nujne primere je vgrajena tudi gasilna jeklenka, ki se lahko samodejno sproži in deluje 9 - 10 sekund.

4.9.3 Rotor

Rotor (ang. rotor) sestavljajo lopatice (listi rotorja) in nosilna kapa. Listi rotorja so največkrat sestavljeni iz epoksi smole ali steklenih vlaken, ojačenih s poliestrom, glava rotorja pa je jeklena.

Glede na os vrtenja oziroma na postavitev in število listov rotorja ločimo več tipov vetrnic:

- **Vodoravna os vrtenja rotorja:**

- o Počasi tekoče vetrnice; rotor z velikim številom listov (vsaj 8 ali več). Obratujejo že pri nižjih hitrostih vetra, največkrat se uporabljajo za pogon batnih vodnih črpalk, tudi mlina ali žage, ter v samostojnih sistemih, ki imajo dodatne komponente za shranjevanje energije (električne baterije). Pogoste so še danes v puščavah Avstralije in na ameriškem zahodu.
- o Hitro tekoče vetrnice; rotor z enim, dvema ali tremi listi. Za delovanje potrebujejo večje hitrosti vetra kot počasi tekoče vetrnice; t.j. vsaj 4 m/s. Če ima rotor majhno število listov je upor pri vrtenju manjši, toda prav tako je manjša čelna površina listov in s tem je moč vetrnice manjša. Prednost enolopatičnih vetrnic je cenejša izvedba in lažja prilagoditev na smer in hitrost vetra, a so glasnejše in manj učinkovite od ostalih tipov, zato se, razen prototipnih primerkov, niso uveljavile na tržišču. Dvolopatični rotorji so cenejši in omogočajo lažjo namestitev rotorja na stolp kot pri rotorju s tremi listi, vendar za doseganje enakih moči zahtevajo višjo vrtilno hitrost lopatic in so zato hrupnejši. Vetrnice s tremi listi so sicer najdražje, vendar so se zaradi enakomernejših obremenitev najbolj uveljavile; pa tudi vtis enakomernejšega vrtenja rotorja je vizualno manj moteč.

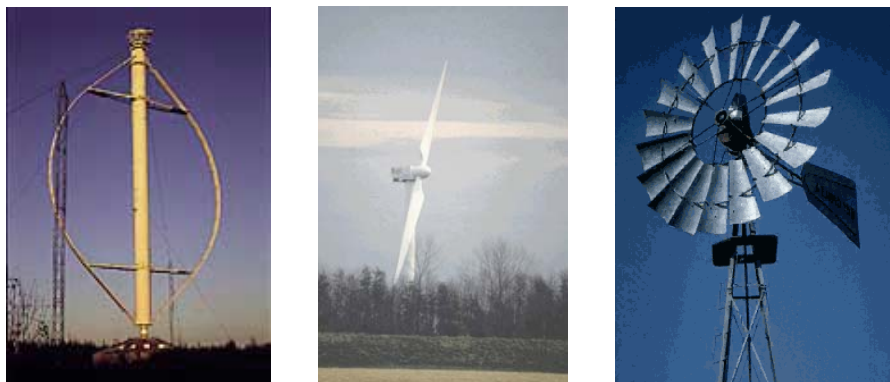
- **Navpična os vrtenja rotorja**

- o Savoniusov rotor predstavljata dva pokončna polkrožna valja, ki v zamiku stojita eden poleg drugega (v obliki črke S). Razlike v sili upora »vrtijo« rotor in pomenijo praktično neodvisnost delovanja vetrnice od smeri vetra, vendar pa je potreben velik zagonski moment. Največji slabosti sta hrupnost in nizek koeficient moči.
- o Darriesov rotor je najbolj razširjena vetrnica z vertikalno osjo vrtenja. V žargonu jo imenujejo tudi »stepalnik jajc« zaradi dveh ali treh ukrivljenih (zgoraj in spodaj vpetih v vertikalno os) lopatic. Tudi te vetrnice so neodvisne od smeri vetra, vendar

pa za zagon potrebujejo dodatno silo (lahko tudi s pomočjo Savoniusovega rotorja, ki ga dogradimo na vrh osi).

- o Flettnerjev rotor je valj, ki se vrti okrog svoje navpične osi; v novejši izvedbi pa je to mirujoč valj z vzdolžno odprtino za sesanje zraka.

Danes je najbolj pogosta t.i. »danska« vetrnica, ki je hitro tekoča vetrnica z vodoravno osjo vrtenja in tremi lopaticami.



Slike 31, 32 in 33: Tipi vetrnih generatorjev: Darriesov rotor ali »stepalnik jajc« (levo), dvolistni rotor (sredina) in počasi tekoča vetrnica (desno) (European..., 2006)

4.9.4 Povečevalnik hitrosti – multiplikator

Povečevalnik (menjalnik) hitrosti (ang. gearbox) je element, ki leži med rotorjem in generatorjem ter služi povečevanju hitrosti. Rotor ima namreč relativno majhno hitrost vrtenja lopatic (30-60 obratov/minuto), električni generator pa za svoje delovanje potrebuje hitrosti vsaj 1500 obratov/minuto. Za tekoče obratovanje zahteva tudi okrog 200 litrov sintetičnega olja, ki ga je treba menjati na 7 do 10 let, oljne filtre pa vsako leto.

4.9.5 Zavorni sistem

Zavorni sistem ima funkcijo zaustaviti vrtenje rotorja pri prevelikih hitrostih vetra, da ne pride do strojeloma ali pregretja električnega generatorja. Ponavadi ima vsaj dva sistema, primarnega in sekundarnega, ki delujeta neodvisno drug od drugega in pri določeni prekoračitvi nazivne moči vetrni generator izklopita iz obratovanja.

4.9.6 Sklopka

Sklopka je vmesni člen med zavornim sistemom in električnim generatorjem.

4.9.7 Električni generator

Električni generator (ang. electrical generator) je t.i. »proizvajalec« električne energije po principu elektromagnetne indukcije, ki nastane, ko se vodnik premika v magnetnem polju. Za vetrne elektrarne so razvili tip generatorja, ki maksimalen izkoristek doseže že pri 50% obremenitvi, dopušča pa tudi kratkotrajne prekoračitve (do 15 %) nazivne moči. Osnovno hlajenje takšnega generatorja je zračno, dodatno pa s hladilnim oljem.

Ločimo tri različne tipe generatorjev:

- Generatorji enosmerne napetosti – alternatorji – proizveden električni tok je vedno enosmeren.
- Sinhroni generatorji – električni tok je izmeničen; stabilnost frekvence proizvedenega električnega toka se uravnava s hitrostjo vrtenja lopatic (rotorja) oziroma s prilagajanjem naklonskega (napadnega) kota lopatic vetrnice glede na trenutne lastnosti vetra.
- Asinhroni generatorji – so zasnovani tako, da »sodelujejo« z omrežjem. Pri hitrostih vrtenja rotorja generatorja, ki so enake ali večje od sinhrone, frekvenca proizvedenega električnega toka ni nikoli večja od frekvence v omrežju (50 Hz)« (Medved in Novak, 2000: 178).

4.9.8 Sistem za spreminjanje smeri - pogon za usmerjanje vetrnice v veter

Sistem za spreminjanje smeri (ang. yaw mechanism) je preko regulatorja v stalni povezavi z merilniki smeri in hitrosti vetra, anemometri, da lahko glede na dobljene podatke spreminja, prilagaja kot med lopaticami in smerjo vetra. Tako je izkoristek vetrnice večji oziroma jo v času premočnega vetra izklopi in – postavi lopatice v najmanj nevaren položaj. Sistem je lahko lociran tik pod ohišjem vetrnega generatorja oziroma na vrhu stebra in usmerja v veter celotno turbino. Poznamo pa tudi sisteme, ki so nameščeni v kapi rotorja in spreminjajo le naklonski kot lopatic.

4.9.9 Sistem za zmanjševanje hrupa

Sistem za zmanjševanje hrupa predstavljajo elastični bloki, ki so vpeti med menjalnik hitrosti in ploščo za spreminjanje smeri. Tako ni neposrednega stika med stebrom in menjalnikom hitrosti, na katerega so montirane vse ostale komponente vetrnega generatorja. Tako je prenos hrupa preko nosilnega stebra močno zmanjšan.

Elektronika uravnava tudi delovanje ventilatorjev za hlajenje električnega generatorja in olja in jih pri nižjih hitrostih vetra izklopi ter dodatno zmanjša raven hrupa. Na stebrih novjših vetrnih generatorjev so tudi odprtine za ventilacijo oblikovane tako, da je hrup minimalen.

4.9.10 Regulator

Regulator (ang. electronic controller) predstavlja »elektronske možgane« vetrnega generatorja. Kontrolirajo okrog 500 parametrov, predvsem pa uravnavajo delovanje glede na vetrne razmere in vključevanje v javno električno omrežje. Ko je hitrost vetra primerna (za poprečno sodobno vetrnico je to pri 4-5 m/s, pri najmodernejših pa že 3 m/s), regulator vklopi delovanje vetrnega generatorja in ga izklopi nekje pri 25 m/s, da prepreči strojelom ali pregretje električnega generatorja. V času ugodnih vetrov skrbi za »prenos« podatkov od anemometra do sistema za spreminjanje smeri rotorja oziroma do sistema za spreminjanje naklonskega kota lopatic rotorja, tako da je vetrnica obrnjena v smer, kjer je izkoristek vetra največji. Preko sodobnih komunikacijskih poti – radio in telefonske zveze – lahko regulator pošilja alarmne signale, zahteve za servisiranje, statistične podatke o delovanju vetrnega generatorja oz. elektrarne ipd. V novejših vetrnih elektrarnah oz. farmah je ponavadi en vetrni generator dodatno opremljen z računalniško enoto, ki kontrolira in zbira podatke o ostalih vetrnih generatorjih v elektrarni. Računalniki in senzorji so zaradi zagotavljanj večje varnosti podvojeni, redundantni. Sekundarni regulator je največkrat nameščen v spodnjem delu nosilnega stebra vetrnega generatorja in po optičnih vlaknih komunicira s primarnim, ki je lociran v ohišju na vrhu stebra. V industriji proizvodnje vetrnih turbin še danes velja za nekakšno poslovno skrivnost način interakcij oz. medsebojno sodelovanje med regulatorjem in ostalimi deli vetrne turbine.

4.9.11 Merilniki smeri in hitrosti vetra

Merilniki smeri in hitrosti vetra (ang. anemometer and wind vane) so postavljeni na vrhu ohišja vetrnega generatorja in sproti pošiljajo izmerjene podatke regulatorju oz. v sistem za spreminjanje smeri.

4.9.12 Transformator in javno električno omrežje

Transformator je »pomožen« objekt vetrne elektrarne. Je vmesni člen med vetrno elektrarno in javnim električnim omrežjem. Zaradi neenakomerne in nepredvidljive količine iz vetra proizvedene električne energije, te ni mogoče pripeljati neposredno do končnega uporabnika. Potreben je priklop v obstoječe javno omrežje. Transformator je potreben za spreminjanje napetosti proizvedene elektrike na nivo, kot ga zahteva javno električno omrežje. Lahko je skrit oz. vkopan v zemljo ali stoji kot samostojen objekt elektrarne.

Javno električno omrežje prenaša energijo na daljše razdalje končnim porabnikom. Razpeljano je v obliki podzemnih kablov ali viseče žice razpete na daljnovodnih stebrih. V obeh primerih so za izgradnjo potrebna relativno obsežna zemeljska in gradbena dela, tako za izkop gradbenih jam za temelje stebrov kot za izkop jarkov za podzemne kable.

5 OPIS POSEGA – GRADNJE IN OBRATOVANJA VETRNIH ELEKTRARN

Vetrne elektrarne ali vetrna polja se največkrat razprostirajo na območjih, dolgih po nekaj km ter različnih širin - od le okrog 30 m do tudi več kilometrov. Zemljišče pri tem ni pozidano v celoti. Razdalja med sosednjimi vetrnimi generatorji je največkrat enaka 2-3 kratnemu premeru rotorja, kar pomeni, da so razmeroma razpršeno umeščeni v prostor. Vetrni generatorji srednje velikosti z nazivno močjo 750 kW, kakršni so bili predlagani na robu Vipavske doline, imajo nosilni steber visok okrog 45 m in okrog 22 m dolge lopatice. Vsak tehta približno 80 ton, zato za zagotavljanje primerne stabilnosti in varnosti potrebuje močne temelje ($11 \times 11 \text{ m}^2$).

Pri gradnji vetrne elektrarne je zelo pomembna dovozna pot do vsakega posameznega vetrnega generatorja, ki mora biti močno utrjena za prevoz težke mehanizacije in težkih tovorov. Po končani izgradnji elektrarne utrjena dovozna ali servisna pot največkrat ni več potrebna in se jo lahko odstrani ter njeno območje renaturira. Redno vzdrževanje sodobnih vetrnih elektrarn je namreč relativno nezahtevno in se lahko opravi z lahko in srednje težko mehanizacijo, za katero zadostuje kolovozna ali poljska pot.

Vsak vetrni generator je v bistvu samostojni elektroenergetski objekt, ki lahko samostojno obratuje takoj po končani izgradnji. Vključitev v javno električno omrežje in proizvodnja električne energije sta možna že pred dokončno izgradnjo celotne vetrne elektrarne.

Zemljišče, ki ga zaseda vetrna elektrarna, je v svetu največkrat odprto oz. ni ograjeno in je dostopno vsem ljudem. Potencialna ogroženost zaradi vandalizma je sicer večja, vendar pa sodobne vetrne elektrarne zasedajo prevelika področja, da bi jih preprosto zaprli za javnost in hkrati onemogočili več funkcionalnost prostora, ki je tudi eden od argumentov za vetrno energijo. V raziskavah po svetu o odnosu javnosti do postavitve vetrnih farm so namreč opazili pozitivne reakcije tam, kjer so vetrnice dostopne za bližnje ogledе vsem zainteresiranim, in močno odklonilna stališča v krajih, kjer delujejo elektrarne za visokimi ograjami. Vprašanje pa je, kako bi se do tega problema opredelili v Sloveniji, kjer je zaenkrat prepovedan dostop nezaposlenim in nepooblaščenim osebam v območje obstoječih velikih elektrarn (HE, TE, NE), izjema so le male hidroelektrarne.

Življenjska doba sodobnih vetrnih elektrarn je minimalno 20 let. Med normalnim, rednim obratovanjem vetrne elektrarne praktično ne zahtevajo drugega kot veter primerne hitrosti in tekoče vzdrževanje. Vsak vetrni generator ima v strojnici okrog 200 l sintetičnega olja, ki ga je treba vsakih nekaj let zamenjati. Olje lahko predstavlja potencialno nevarnost onesnaženja tal zaradi možnega razlitja v primeru okvar ali poškodb vetrnega generatorja. Ob vsakokratni menjavi oljnih filtrov je zaradi možne človeške malomarnosti nevarnost onesnaženja tal z razlitjem olja velika.

Vetrni generatorji delujejo s svojo nazivno močjo v intervalu hitrosti vetra od okrog 10 do 25 m/s. Vegetacijski pokrov na območju vetrne elektrarne vpliva na hitrosti vetra - s poraščenostjo oz. hrapavostjo terena se hitrosti vetra manjšajo. Zato upravljavci vetrnih

elektrarn stremijo za čimbolj gladkimi površinami, ki ne zavirajo vetra in ne povzročajo vrtnicev. Spreminja se namembnost zemljišč in površinski pokrov, saj se gozd in grmičevje umikata pašnikom in travnikom.

Po izteku obratovalne dobe se lahko vetrno elektrarno skoraj v celoti podre in odstrani. Nadzemne dele vetrnega generatorja in spremljajočih objektov se razstavi na primerno velike dele in odpelje na mesto recikliranja. Servisna cesta terja primerno utrditev zaradi povečanih obremenitev. Temelji ostanejo vkopani v zemljo, saj bi njihovo odkopavanje in odstranjevanje pomenilo ponovno rušenje komaj vzpostavljenega ravnovesja. Funkcionalno območje vetrne elektrarne se nato čim hitreje sanira in renaturira.

Zaradi vzpodbujanja izkoriščanja alternativnih in obnovljivih virov namesto fosilnih goriv ter pomanjkanja primernih lokacij za širitev dejavnosti, je velika verjetnost, da se iztrošene vetrne elektrarne nadomestijo z novimi, sodobnejšimi. Zemljišče stare vetrne elektrarne se zato ne renaturira takoj po odstranitvi odsluženih generatorjev. Na iste temelje se najprej postavi nove vetrne generatorje, šele nato se sanira posledice negativnih vplivov gradnje te nadomestne vetrne elektrarne.

5.1 PRIVLAČNOST PROSTORA ZA IZKORIŠČANJE VETRA

Z vidika privlačnosti prostora za izkoriščanje vetra je najpomembnejši kriterij primerna prevetrenost prostora. Od moči, smeri in stalnosti vetra je odvisna učinkovitost, rentabilnost, amortizacija naprav za izkoriščanje vetra, tako nekdanjih mlinov na veter kot sodobnih vetrnih elektrarn.

Zaradi značilne tehnologije današnjih vetrnih generatorjev oz. elektrarn so pomembni tudi dodatni vidiki, kriteriji privlačnosti prostora, ki močno vplivajo na investicijske stroške izgradnje in delovanja vetrne elektrarne. Predvsem je to infrastrukturna povezanost, dostopnost izbranega prostora - bližina utrjenih cest in elektroenergetskega omrežja, ter zaradi velike točkovne obremenitve posamezne vetrne turbine, ki tehta nekaj 10 t, tudi stabilna, neerodibilna tla.

Lahko bi trdili, da je kriterij privlačnosti nekdanjih mlinov na veter le primeren veter v bližini kmečkega gospodarstva. Ker so bili to v glavnem manjši, poprečno 8 m metrov visoki, »kmečki, hišni oz. zasebni« leseni mlini v sklopu kmetij in so mleli le za potrebe ene družine ali bližnjih sosedov, ni bila potrebna ne dobra prometna povezanost z okolico, niti dobra nosilnost, stabilnost terena.

O primerni prevetrenosti prostora govorimo, kadar skozi lopatice rotorja sodobnega vetrnega generatorja piha relativno stalen veter s hitrostjo 10-25 m/s. Natančnejšega podatka kakšne hitrosti vetra so potrebovali nekdanji mlini na veter ni mogoče dobiti, a najbolj logična razlaga je, da so zadostovale precej nizke. Glede na to, da so ti mlini mleli žito, stalnost delovanja ni bila nujno potrebna.

Privlačnost prostora za sodobne vetrne generatorje:

- primeren veter – čimbolj stalen veter hitrosti 10-25 m/s,
- infastrukturalna povezanost prostora:
 - bližina utrjenih cest,
 - bližina obstoječih daljnovodov,
- stabilna tla.

Privlačnost prostora za nekdanje mline na veter:

- primeren veter – relativno nizke hitrosti vetra, stalnost vetra ni nujna.

Zaradi velikih razlik v dimenzijah nekdanjih mlinov na veter (v poprečju so merili 8 m v višino) in sodobnih vetrnih generatorjev (poprečno 50 m visoke), je pomemben dejavnik višina zajemanja vetra. Z oddaljenostjo od tal namreč pojenjuje vpliv hrapavosti terena, zato hitrost vetra z višino narašča. Veter na višini nekdanjih mlinov na veter je praviloma šibkejši od tistega, ki piha v nivoju sodobnih vetrnih generatorjev.

Kmetje so bili za iskanje najboljših lokacij nekdanjih »hišnih« mlinov na veter omejeni na majhnost lastnih parcel, oz. v primeru »sosedskih« mlinov na nekajkrat večji prostor nekaj sosednjih zemljišč. Tako majhen prostor predstavlja pri sodobnih vetrnih elektrarnah iskanje primernih mikrolokacij za posamezni vetrni generator, ne pa iskanje lokacije za celotno linijo vetrne elektrarne. Iz podatkov karte poprečne hitrosti vetra v Sloveniji na višini 50 m izhaja, da je območij s hitrostjo nad 5 m/s pri nas zelo malo, v SV Sloveniji pa jih sploh ni. Zato se pojavlja vprašanje smiselnosti preverjanja primernosti lokacij nekdanjih mlinov na veter za umestitev v prostor današnjih vetrnih turbin. Četudi bi se za to vseeno odločili, pa dodatno težavo povzroča dejstvo, da natančnih lokacij nekdanjih mlinov na veter ni mogoče preučiti iz starih katastrskih kart, niti iz Franciscejskega katastra ne. Ohranjenega je le nekaj tekstovnega ali slikovnega gradiva o posameznih vetrnih mlinih, vendar je zaradi kasnejšega spreminjanja ali ponavljanja krajevnih imen v nekaterih primerih težko izslediti njihovo dejansko lokacijo.

5.2 RANLJIVOST OKOLJA ZARADI VETRNI ELEKTRARN

Vetrno energijo prištevamo med obnovljive vire energije, ki naj bi nadomestili že skoraj izrabljena in okolju škodljiva fosilna goriva. Glede na vlogo in pomen vetrne energije v preteklosti, danes o njej težko govorimo kot o alternativnem viru, bolj primeren se zdi pojem »renesansa«. Kljub prednostim, ki jih imajo alternativni in OVE v primerjavi s fosilnimi, žal tudi ti niso brez negativnih vplivov na okolje. Zato odločitve o izrabi OVE na smemo sprejemati »a priori«, marveč po natančnem preučevanju različnih, pozitivnih in negativnih vplivov na okolje.

»Okolje je zapleten sistem, v katerem velja načelo medsebojne povezanosti vseh njegovih sestavnih členov v celoto. To pomeni, da sprememba ene od komponent okolja povzroča vrsto posledičnih sprememb na drugih komponentah okolja. To holistično načelo seveda

terja obravnavo okolja kot celote, kot sistema z obsežnim seznamom komponent, ki je, če naj bo načelu zadoščeno, dejansko neskončen» (Marušič, 1982: 2).

Vendar so praktične izkušnje pri obravnavanju varovanja okolja zahtevale poenostavitev postopkov in s tem delna odstopanja od celostnega, holističnega obravnavanja okolja. »Tako se je ob razvoju tehnik, t.i. presoj vplivov na okolje, razvil koncept obravnavanja posameznih komponent okolja, podsistemov okolja ter zasledovanja posledic sprememb v okolju v njegovih posameznih delih. Opredeljevanje negativnega - ali pozitivnega – vpliva razvojnega posega na posamezne komponente okolja je neposredna posledica te poenostavitve« (Marušič, 1982: 2).

Kot vpliv na okolje lahko opredelimo vsako spremembo v okolju oz. ekosistemu, ki ni spontana, naravna, temveč je spodbujena, povzročena z zunanjimi, antropogenimi dejavniki. Zaradi zapletenih verig soodvisnosti različnih segmentov okolja lahko manjša sicer pozitivna naravnana akcija za določen del okolja pomeni hkrati tudi njegovo popolno razvrednotenje ali uničenje. Negativni vplivi imajo dvojno naravo:

- so fizične spremembe v okolju; nekatere lahko bolj ali manj natančno tudi izmerimo,
- predstavljajo »trenutni« vrednostni sistem družbe in so kot taki časovno in prostorsko precej spremenljivi.

Povedano drugače – negativni vplivi na okolje so vse tiste spremembe, ki povzročijo, da je nek zatečen ekosistem ali biotična populacija manj varna, manj zdrava, manj obilna, manj produktivna, manj estetsko ali kulturno privlačna oziroma pomeni slabšo obnovljivost naravnih virov.

Izkoriščanje vetra v energetske namene se zdi najmanj problematično od vseh proizvedenih elektrike. V javnosti prevladuje mnenje, da je zastonj in brez negativnih vplivov, saj izkorišča le neko stalnico v okolju, ki je pravzaprav nihče ne potrebuje za nič drugega, za nič »pomembnejšega«. V Sloveniji še nimamo izkušenj z obratovanjem velikih sistemov vetrnih generatorjev, vendar pa je v svetu dovolj primerov, da lahko povzamemo njihova opažanja in dognanja. Vetrna energija lahko nadomesti precejšnje količine fosilnih goriv, in na ta način zmanjša količine emisij TGP v ozračje. Na prvi pogled se zdi, da je vetrna energija dejansko »zelena« oziroma »čista« energija, brez nezaželenih vplivov na okolje. Vendar poglobitev v proces izgradnje in delovanja vetrne elektrarne odkrije drugačne razsežnosti. Postopek pretvarjanja kinetične energije vetra v električno energijo je povezan z namestitvijo različnih sistemov, ki s svojimi značilnostmi, načini obratovanja ipd. na svoj specifičen način vplivajo na okolje in odpirajo probleme na različnih področjih v okolju.

5.2.1 Vplivi na naravno okolje

5.2.1.1 Vpliv na geosfero - geološke in geomehanske značilnosti, relief

Objekti vetrne elektrarne so točkasti (nosilni stebri, transformator) in linijski (servisna cesta, podzemni kablovodi) porabniki prostora, ki zahtevajo precejšnja zemeljska in

gradbena dela. Servisna cesta mora biti močno utrjena, da je primerna za prevoz težke mehanizacije in težkih tovorov. Prilagajanje posameznim lokacijam vetrnih elektrarn oz. predvideni trasi ceste lahko zahteva dodatna dela, kot so vkopi, nasipi, propusti, ipd. Nosilni stebri vetrnih generatorjev in daljnovodov morajo imeti globoke temelje, da zagotovijo primerno varnost in stabilnost. So razmeroma razpršeno umeščeni prostor. Razdalja med sosednjimi vetrnimi generatorji je največkrat enaka 2-3 kratnemu premeru rotorja. Javno omrežje v obliki podzemnih kablov zahteva plitvejšo izkope kot temelji stebrov, vendar v neprekinjeni linearni potezi.

Slabša stabilnost matične kamnine

Med gradnjo elektrarne lahko obsežna gradbena in zemeljska dela negativno vplivajo na stabilnostne razmere hribine, sproži se lahko nekontrolirano plazenje zgornjih slojev tal. Med izkopavanjem se lahko preseka plastovitost podzemnih voda in vodonosnikov, kar lahko povzroči dodatno sesedanje in drsenje terena, odnašanje zemeljskega materiala ipd. Pojavi se tudi problem viška materiala, do katerega pride ob izkopih. Na vetrovno in reliefno izpostavljenih legah, kot so grebeni, robovi, sedla, je velika potencialna ogroženost delovanja vetrne in vodne erozije.

Globoki izkopi za temelje in eventualni vkopi, nasipi trase servisne ceste predstavljajo trajni in največji poseg v geološko-geomehanske značilnosti okolja. Posledično se lahko nepredvideno spremenijo podzemni tokovi vodnih žil, ki lahko sčasoma spodjedajo teren, povzročijo odnašanje materiala in posedanje terena.

Ukrepi za zmanjševanje negativnih vplivov med gradnjo in obratovanjem vetrne elektrarne se nanašajo predvsem na preprečevanje odnašanja, plazenja tal ter na primerno oblikovanje in ureditev prostora servisne ceste, temeljev stebrov, podzemnih kablovodov. Novonastale brežine primerne naklona je treba utrditi, zaščititi in zaradi nevarnosti erozije tudi takoj humificirati in zatraviti. Bistveno je urediti ustrezno odvodnjavanje, eventualno presekane vodne žile je treba preusmeriti. Za viške materiala, ki se pojavijo ob izkopih, je treba na novi lokaciji predvideti trajno deponijo ali poiskati uporabnike za nadaljnjo uporabo.

Uničenje geomorfoloških značilnosti, trajna sprememba reliefa

Vetrne elektrarne so vezane na vetrovne lege, ki so običajno tudi reliefno izpostavljene, kot so grebeni, robovi, sedla, ipd. V pestri in členjeni krajini je na širokem področju, ki bi ga zasedle predlagane vetrne elektrarne, mnogo mikroreliefnih pojavov. Vsa zemeljska in gradbena dela med gradnjo elektrarne posegajo v strukturo reliefa. Trasa servisne ceste z možnimi vkopi, nasipi ali izvennivojskimi prečkanji eventualnih vodotokov; podobno tudi trasa podzemnega kabla električnega omrežja. Nosilni stebri turbin ali daljnovodov pa z globokim temeljenjem.

Neposredni negativni vplivi gradnje elektrarne, zlasti servisne ceste so razgaljanje ali prekrivanje tal, zasipavanje depresij in strug manjših potočkov ter hudournikov. Na nepravočasno ali neprimerno utrjenih brežinah se začnejo erozijski procesi, posledica je lahko izpiranje tal, zasipavanje, zamuljevanje jarkov in vodotokov. Zaradi obsežnega izkopavanja za pripravo temeljev lahko pride do velikih viškov materiala, ki ga je treba nekje trajno deponirati ali ponovno uporabiti.

Glavni negativni vpliv obratovanja vetrne elektrarne oz. njene umestitve v prostor na relief je njegova trajna sprememba. Ta je izražena v linearnih potezah morebitnih nasipov in vkopov trase servisne ceste, v izvennivojskih prečkanjih cest ali vodotokov. Spremenjeni so nakloni terena, utrjene brežine in zasuti jarki podzemnih kablov.

Neposredna negativna posledica gradnje in obratovanja elektrarne je uničenje geomorfoloških značilnosti ter posredno spreminjanje geomorfoloških procesov, stabilnosti brežin.

5.2.1.2 Vpliv na pedološke značilnosti

Pedološke značilnosti območja pogojujejo rabo tal in gospodarske dejavnosti, kot so intenzivno ali ekstenzivno kmetijstvo, gozdarstvo, industrija ali urbanizacija. Odločilni parameter za lokacijo vetrne elektrarne so lastnosti vetra v prostoru, ostale značilnosti, tudi pedološke, so drugotnega pomena. Trasa servisne ceste elektrarne in trasa podzemnih električnih kablov z obsežnimi zemeljskimi deli, kot so izvedba vkopov, nasipov in kasnejših zasutjih, posegajo v strukturo in teksturo tal. Podoben poseg je tudi izkop jam za temeljenje nosilnih stebrov vetrnih generatorjev ali daljnovodov. Vzporedno s tem se vrši prevoz izkopanega materiala in deponiranje na začasni lokaciji ali na trajni deponiji, in pa transport ter začasno odlaganje gradbenega materiala na gradbišče elektrarne. Gradbena infrastruktura z nujnimi spremljevalnimi objekti pogojuje nastanek tehnoloških odpadnih vod.

Fizikalne spremembe talnega substrata - odstranitev tal

Največji vpliv na pedološke značilnosti je v času gradnje elektrarne. Izvajajo se fizične spremembe tal, kot je odstranjevanje tal, stisnjenje tal, mešanje tal ali prekritje talnega substrata z drugimi materiali. Neposreden vpliv je omejen na ožje območje trase servisne ceste in jarkov podzemnih kablov ter izkopanih jam za temeljenje. V primeru trase jarkov podzemnih kablov je negativni vpliv lahko precej zmanjšan, če je zgornji sloj tal, živice, v fazi odkopa skrbno odstranjen, nato pravilno deponiran, da po zasutju položenih kablov vrši svojo funkcijo. V suhem in vetrovnem vremenu lahko prihaja do raznosa odkopane zemlje ali gradbenega materiala in odlaganja, prekrivanja tal na širšem območju. Zaradi neustreznega začasnega deponiranja izkopane zemlje in oblikovanja

brežin ter neprimerneга zajetja tehnoloških in meteornih vod lahko pride do pojavov nestabilnosti in drsenja tal, kasneje do razgaljenosti površine in erozije.

Slabša stabilnost tal

S kopanjem, vrtanjem, miniranjem tal in matične kamnine za pripravo temeljev za elektrarno se neposredno manjša stabilnost tal, večja se izpostavljenost fizikalni in kemični eroziji. Dodatno posredno povečanje nevarnosti erozije pa povzroča odstranitev, posek vegetacije, ki sicer z razvejanim koreninskim sistemom mnogokrat zadržuje hribino pred zdrsom.

Negativni vplivi obratovanja vetrne elektrarne na pedološke značilnosti obravnavanega območja so predvsem trajne fizikalne spremembe talnega substrata. V primeru neustrezno oblikovanih in utrjenih brežin, neurejenega odvodnjavanja meteornih vod se lahko sproži erozijsko delovanje, spiranje in odnašanje tal ipd.

Onesnaženost tal

Poglavitno pri gradnji vetrne elektrarne je spreminjanje strukture in teksture tal ne glede na rabo tal v zatečenem trenutku z obsežnimi zemeljskimi deli, kot so izkopi, nasipi, zasutja. Sočasno poteka transport odkopanega materiala, zemljine na lokacije začasnega deponiranja ali trajne druge rabe in transport gradbenega materiala na gradbišče. Gradbena mehanizacija in infrastruktura s spremljevalnimi objekti lahko povzročata nekontrolirano odtekanje odpadnih vod in drugih nevarnih snovi z gradbišča na površine tal ob elektrarni. Vsak vetrni generator potrebuje za nemoteno obratovanje okrog 200 litrov sintetičnega olja, ki predstavlja stalno nevarnost razlitja. V najmodernejših vetrnih generatorjih so že vgrajeni lovilci olj, ki preprečujejo izlitje v naravo. Nastale možne spremembe niso le fizikalne narave, ampak se izražajo tudi v kemični sestavi tal.

Med gradnjo je vpliv na onesnaženost tal in rastlin največji. Omejen je na relativno ozek pas ob poteku elektrarne, razen v suhem in vetrovnem vremenu, ko prihaja do emisij prašnih delcev, odnašanja sipkega materiala in nato do medsebojnega mešanja talnih substratov ali pa do mešanja talnega substrata in gradbenega materiala v širši okolici gradbišča. Do onesnaženja tal in posredno rastlin lahko pride ob nepravilnem, malomarnem ravnanju z nevarnimi snovmi, ki se uporabljajo za gradbeno mehanizacijo na gradbišču, kot na primer pogonska goriva, olja, maziva ipd. in pri neustreznem transportu takih snovi za potrebe obratovanja elektrarne. Onesnaženje tal je povečano zaradi emisij izpušnih snovi transportnih sredstev in gradbene mehanizacije, lahko pa tudi zaradi neustreznega ravnanja s tehnološko odpadno vodo.

Pričakovani vplivi na onesnaženje tal in rastlin med obratovanjem vetrne elektrarne so manjši v primerjavi z vplivi v času gradnje zaradi nižje gostote prometa po servisni cesti.

5.2.1.3 Vpliv na hidrosfero – na površinske in podzemne vode

VPLIV NA POVRŠINSKE VODE

Voda se v prostoru pojavlja v različnih oblikah, ki pa za izkoriščanje vetrne energije, razen obal in plitvin večjih jezer in morij, praktično niso zanimive. Vetrovne razmere na slovenskih jezerih in morju niso primerne za smotrno izkoriščanje v energetske namene. Vetrne elektrarne v ožjem smislu – t.j. trasa vetrnih generatorjev - neposredno ne posegajo v telo tekočih površinskih voda, v strugo ali na breg potokov in rek. Vendar pa je treba vetrne elektrarne varovati pred 100-letnimi visokimi vodami. V vlažnih, močvirnih tleh je delovanje ekosistema povsem drugačno kot v »suhih« tleh. Vsekakor bi neposrednemu uničenju vodnih habitatov sledile posredne spremembe biocenoz.

Trasa servisne ceste elektrarne lahko na različne načine izvennivojsko, kot je propust, most ipd, prečka različne površinske vodne pojave, lahko pa se z regulacijo prestavi strugo potoka. Tak poseg vpliva na hidrografske razmere površinskih voda podobno kot ostale kategorije cest, v odvisnosti od lokacije, umeščenosti v prostor, lastnosti in značilnosti vodotoka ter drugih dejavnikov. Vrsta konkretnega posega in možni vplivi so razvidni šele iz idejnega projekta, zato bodo v nadaljevanju te naloge obravnavani le v splošnem smislu. Pri dimenzioniranju premostitvenih in drugih vodno regulacijskih objektov je pomemben podatek o pretoku 100-letnih visokih voda. Ta lahko pogojuje varnostno nadvišanje spodnje roba mostne konstrukcije ali poglobljanje korita in povečanje pretočnega profila vodotoka.

Vplivi gradnje vetrne elektrarne na površinske vode so posredni in neposredni, povzročajo pa fizikalno-kemijske spremembe vodotokov ter vodnega živalstva in rastlinstva. Gradnja spreminja pokrovnost in relief vodozbirnega območja na gradbišču in v bližnji okolici. Na razgaljenih površinah se poveča erozija in spiranje tal. Zaradi tega se ob deževju spremenijo procesi zbiranja in dotekanja meteorne vode v vodotoke, poveča se kalnost vodotokov, ki je največja v neposredni bližini gradbišča. Spremeni se vodni režim in naravni hidrološki procesi, kot so poglobljanje struge, spodkopavanje bregov, odlaganje sedimentov, oblikovanje tolmunov, brzic, poskokov ipd, kar posledično vpliva na spremenjeno morfologijo vodotoka. Pomemben vpliv lahko predstavljajo tudi nepravilno deponiranje, odlaganje viškov izkopanega materiala ali posebnih odpadkov, odzemanje vode iz vodotoka. Najbolj negativen vpliv pa predstavlja eventualno kanaliziranje vodotoka.

Sprememba vodnega režima vodotokov

Vplivi obratovanje vetrne elektrarne so vezani na trajne spremembe, nastale med izgradnjo elektrarne, ki spreminjajo hidrološke procese, morfologijo vodotoka. S fizičnimi posegi v relief je povzročena sprememba vodozbirnega področja, lahko se spremeni razvodnica in s

tem pretok posameznega vodotoka. Z neutrjenih in biotehnično nesaniranih brežin lahko meteorna voda odnaša prst in povzroča kalnost vodotoka.

Negativne vplive na kakovost površinskih voda med gradnjo elektrarne predstavljajo obsežna zemeljska in gradbena dela v bližini ali neposredno v vodotoku. To so izkop matične kamnine za potrebe temeljnih jam ali gradnje mostov, odstranitev površinske plodne zemlje, transport viška materiala do začasnih ali trajnih deponij, s katerih odtekajo padavinske vode. Transport gradbene mehanizacije in gradbenega materiala ter nekontrolirano odtekanje odpadnih vod iz tehnoloških objektov na gradbišču povečujejo nevarnost onesnaženja površinskih voda. Posledice se kažejo v povečani kalnosti vode, v prevelikih količinah sususpendiranih snovi. Temu lahko sledi kemijsko onesnaženje zaradi izluževanja snovi iz trdnih delcev, prevelike koncentracije hranilnih snovi in kovin, zmanjša se količina kisika v vodi. Zaradi sprememb v odnašanju in odlaganju sedimentov ter pri odvzemu vode iz vodnega telesa se lahko pretok prizadetega vodotoka zniža pod biološki minimum.

Onesnaženost površinskih voda

V času obratovanja elektrarne so vplivi na površinske vode omejeni predvsem na možna razlitja večjih količin sintetičnega olja iz strojnic vetrnih generatorjev. Podobno nevarna so tehnično nebrezhibna transportna vozila ali prometne nesreče, kjer lahko pride do izpustov nevarnih snovi, npr. pogonskega goriva, olja, maziva, v tla in vodotok. Odvodnjavanje meteornih vod s cestišča poveča dotok v vodotoke in prinaša snovi, ki vplivajo na kakovost vode, kot so mineralna olja, ostanki svinčevih spojin in aromatskih ogljikovodikov, ostanki posipnih materialov. V primeru neutrjenih in nesaniranih brežin se poveča delovanje erozije, ki lahko vpliva na pretok vode in poveča poplavno nevarnost območja.

VPLIV NA PODZEMNE VODE

V kolikor področje ne spada v že znano ali potencialno vodovarstveno območje so potrebne natančne geološke raziskave, ki lahko potrdijo prisotnost in ostale značilnosti podzemnih voda na trasi predvidenih vetrnih elektrarn. Zlasti pomembni so podatki o velikosti in geološki sestavi vodonosnih površin, o piezometrični gladini podzemne vode, o smeri in hitrosti toka, o plastovitosti ali točkovnem pojavljanju vodnih virov, o napajanju arteških in drugih vodnjakov ipd. Poseg izgradnje vetrne elektrarne z obsežnimi zemeljskimi in gradbenimi deli močno vpliva na pojavnost podtalnih voda, zlasti na plastovitost, smer in hitrost pretoka ipd.

Uničenje podzemnih vodnih teles

Najmočnejše negativne vplive gradnje elektrarne povzročajo globoki izkopi za temeljne jame in druge infrastrukturne objekte na trasi servisne ceste. Ti posegi lahko prekinejo, poškodujejo vodonosne plasti, zato lahko pride do iztekanja podzemne vode, znižanja gladine podtalnice, posledično do osušitve eventualnih vodnjakov. Zaradi globokih temeljev, ki so tujki v tleh oz. matični kamnini, se lahko spremeni smer in hitrost toka podzemne vode. Odstranjevanje vrhnega sloja tal, ki praviloma predstavlja bolj ali manj prepustno izolatorsko plast nad vodonosnikom in zatesnitev tal z neprepustnimi materiali, vpliva na površinski odtok meteornih voda in s tem posledično na značilnosti podtalnice. Podoben vpliv pomeni tudi neustrezno utrjevanje in saniranje brežin, kjer lahko prihaja do erozije, zemeljskih zdrsov in posledično do sprememb v napajanju podzemnih vod.

Vplivi obratovanja vetrne elektrarne na hidrogeološke značilnosti podzemnih voda so vezani predvsem na trajne posledice posegov v fazi gradnje elektrarne.

Onesnaženost podtalnih voda

Kemične lastnosti podtalnice in stopnja onesnaženosti so odvisne od sestave zemeljskih plasti, skozi katere se pretaka voda v globini, od propustnosti in sestave izolatorskih slojev tal nad vodonosnikom, od kemizma površinskih, meteornih, odpadnih vod in od mnogih drugih dejavnikov. S fizičnimi posegi v podtalno vodo, ki se vršijo med gradnjo vetrne elektrarne, je povečana tudi nevarnost kemijskega onesnaženja in s tem nižanje kakovosti podtalnice. Predvidena dela oziroma posegi, ki lahko negativno vplivajo, so vsa zemeljska in gradbena dela pri izvajanju izkopov, nasipov, mostov ali propustov, temeljenje različnih objektov, začasno deponiranje izkopane zemlje. Nevarnost predstavljajo nekontrolirani in neurejeni izpusti tehnoloških in odpadnih voda na gradbišču, možna razlitja nevarnih snovi pri slabo vzdrževani gradbeni mehanizaciji ali prometnih nesrečah (pogonsko gorivo, olja, maziva).

Vse spremembe v kakovosti podtalnice v času gradnje so posledica onesnaževanja in različnih posegov v tla. S pričetkom gradbenih del se lahko sprostijo škodljive snovi, ki so že bile prisotne v tleh (gnojila, pesticidi) in se s padavinskimi vodami spirajo v podtalnico. Prav tako se v podtalnico spirajo snovi, ki v okolje prihajajo z emisijami plinov, iz ostankov olj, maziv, goriv, gum in drugih nevarnih materialov, ki se uporabljajo za transportna vozila in gradbeno mehanizacijo in so lahko posledica nepravilnega ravnanja ali slabega vzdrževanja. Neustrezno urejeno odvodnjavanje odpadne in tehnološke vode, ki nastaja na gradbišču, lahko povzroča erozijsko spiranje tal in pronicanje polutantov v nižje ležeče plasti zemlje in vode. Vnos okolju škodljivih snovi, zlasti gradbenih materialov na osnovi cementa, apna, bitumna ipd. lahko spremeni pH vrednosti podtalnice.

Do onesnaženja podzemnih voda med obratovanjem elektrarne lahko pride zaradi najrazličnejših nesreč in razlitja nevarnih snovi. Velika potencialna nevarnost za kakovost

podtalnice so precejšnje količine sintetičnih olj, ki so potrebne za normalno delovanje vetrnega generatorja (200 l). V primeru izpusta olj in neustreznega urejenega drenažnega sistema z lovilci maščob, lahko s pronicanjem padavinske vode preko onesnaženih tal pride do onesnaženja podtalnice. Po končani gradnji je transport po servisni cesti omejen le na redna vzdrževalna dela in eventualna nujna popravila, zato se potencialni negativni vplivi prometa sorazmerno zmanjšajo. Kljub temu je vzdolž ceste treba urediti ter vzdrževati primeren sistem odvodnjavanja in dovolj velikih zadrževalnikov, ki lahko ulovijo večje količine tekočin (hudi nalivi, razlitje cistern) preden skozi tla odtečejo v podtalnico.

5.2.1.4 Vplivi na atmosfero - klimo

Skupek povprečnih vremenskih pojavov, kot so temperatura, vlaga, padavine, veter, osončenje idr. določajo klimo nekega prostora. Odločilni kriterij pri izboru lokacije za postavitev vetrne elektrarne je klima, predvsem značilnosti (hitrost in smer) vetra. Predviden poseg izgradnje elektrarne lahko vpliva na spremembe posameznih mikroklimatskih razmer in pojavov, ki so zelo lokalnega značaja. Trasa servisne ceste ima drugačne absorpcijske lastnosti kot ostali površinski pokrov in lahko posledično spremeni temperaturo ter vlago v svoji okolici. Podobno vpliva tudi hitrejši odtok padavinske vode z utrjenih, asfaltiranih površin kot z naravnih tal. Površinski pokrov vpliva na vrtinčenje in hitrost vetra v prizemni plasti. Površine nižjega razreda hrapavosti pospešujejo hitrosti, zato ima lahko veter nad utrjeno servisno cesto višje vrednosti kot nad naravnim površinskim pokrovom. Nasprotno pa je veter, ki prehaja skozi rotor vetrnice, upočasnen in vrtinčast, saj del lastne kinetične energije odda za pretvorbo v električno. Novozgrajeni objekti zaradi svojih 3D gabaritov vplivajo na spremenjeno razmerje osončenosti in osenčenosti prostora ter posledično na temperaturo, vlažnost, vetrovnost okolja.

Vpliv na temperaturo in vlago okolice

V času gradnje vetrne elektrarne vpliva na mikroklimatske razmere predvsem gradnja servisne ceste. Izdelava nasipov, vkopov ceste ter začasnih deponij izkopanega materiala spremeni razmerje osončenosti/osenčenosti terena, zato se lahko spremeni temperaturna vrednost in stopnja vlažnosti v neposredni bližini posega. Praviloma so absorpcijske vrednosti asfaltiranih površin večje od naravnih, zato se tudi hitreje segrevajo ali ohlajajo ter tako vplivajo na temperaturo in vlago okolice. Podoben je tudi vpliv padavinske vode, ki se dalj časa zadržuje v vrhnjem sloju naravnih tal, z utrjenih, predvsem asfaltnih površin pa hitro odteče.

V času obratovanja se pojavijo tudi vplivi vetrne elektrarne v ožjem smislu na klimatske razmere v prostoru. Zaradi velikih dimenzij objektov – višine generatorjev – njihovi vplivi niso zgolj mikrolokacijski.

Migljajoča senca in osenčenost okolice

Vetrni generatorji mečejo na okolico migljajočo senco, ki se premika zaradi dnevnih in letnih sprememb sončnega obsevanja, ko Zemlja kroži po ekliptiki. Pojavljanje sence merimo predvsem s časovnimi in dolžinskimi enotami. Zaenkrat tega pojava zakon še ne regulira, čeprav je lahko zelo moteč. V Nemčiji je že prišlo do precedenčnega primera, kjer je sodnik »dovolil« na sosedovem vrtu le 30 ur sence letno (Danish..., 2003). Z zemljepisno širino se spreminjata oblika in velikost sence rotorja, ki v naših krajih spominja na metuljeva krila. Velikost glavnih elementov vetrne turbine različno vpliva na velikost in gostoto senc. Daljši rotorji povzročajo gostejšo in večjo senco na svojem vplivnem področju, višji nosilni stebri pa sence taistega rotorja razpršijo po širšem območju in tako zmanjšajo vrednosti letne časovne osenčenosti. Na oddaljenosti okrog 500-1000 m od vetrnice človeško oko ne zazna več sekanja in prekinjanja senc zaradi vrtenja rotorja, ampak vidi turbino kot enotno telo na sončnem ozadju. Z današnjimi računalniškimi programi je mogoče oceniti pojav migljajočih senc in ga z ustrežno lokacijo vetrnic omiliti. Model najslabšega možnega primera temelji na predpostavkah stalne sončne osvetljenosti, stalnega primernega vetra, ki spreminja svojo smer skladno s premiki sonca na obzorju, čemur sledi tudi rotor ipd.

Povečana nevarnost udara strele

Vetrne elektrarne so postavljene na vetrovnih in velikokrat tudi reliefno izpostavljenih področjih. Zaradi svoje višine in gradbenega materiala izstopajo iz okoliške krajine in so bolj izpostavljene tudi ostalim vremenskim pojavom. Negativni vplivi vetrnic na klimo v območju elektrarne so zlasti povečana potencialna nevarnost udara strele in posledično poškodbe, kot so zažigi, požari ali razlitje nevarnih snovi v prostor. Pojavnost strele ima dvostranske negativne vplive, saj vpliva tudi na delovanje vetrnice. Najbolj pogost vzrok začasnega neobratovanja so poškodbe vetrne elektrarne zaradi udara strele, kot so strojelom, izpad električne napetosti, zažig, požar, prekinitev računalniške kontrole ipd.

Vetrne elektrarne izkoriščajo in spreminjajo značilnosti vetra v vplivnem območju. Hitrosti vetra so na izstopu iz rotorja manjše zaradi »odvzete« kinetične energije, ki se spremeni v električno. Dodaten negativni vpliv na prehodu vetra skozi rotor predstavlja močno vrtinčenje in povečanje turbulentnosti zraka.

Kondenzacija vodnih kapljic, nabiranje ledu na rotorju

Veter znižuje vrednosti občutene temperature, zato se zdi, da je bolj mraz, kot dejansko je. Te zakonitosti ne občutimo le živa bitja, ampak se odraža tudi v procesih nežive narave. Neposreden vpliv vetrne elektrarne na temperaturo okolja je praktično zanemarljiv, je pa tak pojav lahko posledica zmanjšanja hitrosti vetra pri prehodu skozi rotor. Nastale spremembe so majhne, opazne v višini rotorjev in zaradi turbulence ter mešanja z

okoliškim zrakom kmalu izginejo. Zaradi občasnih nizkih temperatur, ki jih povzroča tudi relativno močan veter, se lahko pojavi nasproten negativni vpliv, t.j. vpliv klime na vetrni generator. Na lopaticah rotorjev se kondenzirajo vodne kapljice in nabira led. Plasti ledu se nato lahko odlepijo z rotorja, odletijo daleč stran, kjer povzročijo različne poškodbe; prav tako potencialno nevarnost preobremenitve z ledom predstavljajo tudi eventualno odlomljeni deli lopatic. Zaradi ledenega oklepa anemometra in ostalih senzorskih naprav generatorja lahko nastane zmeda v kontrolnem sistemu ter posledično zaustavitev ali celo strojelom.

Povečane vrednosti prašnih delcev

Med gradnjo je vpliv na onesnaženost zraka največji. Omejen je na relativno ozek pas ob poteku vetrne elektrarne, razen v suhem in vetrovnem vremenu, ko prihaja do emisij prašnih delcev, odnašanja sipkega materiala in nato do medsebojnega mešanja talnih substratov ali pa do mešanja talnega substrata in gradbenega materiala v širši okolici gradbišča. Onesnaženje zraka je povečano tudi zaradi emisij izpušnih snovi transportnih sredstev in gradbene mehanizacije.

Pričakovani vplivi na onesnaženje zraka med obratovanjem vetrne elektrarne so manjši v primerjavi z vplivi v času gradnje zaradi nižje gostote prometa po servisni cesti. Vzdlž te onesnaževanje povzročajo emisije izpušnih plinov vozil.

Manjše emisije toplogrednih plinov

Pozitivni vpliv - zmanjšanje emisij TGP se pojavi le v času obratovanja vetrnih elektrarn. Zaradi povečane rabe OVE se zmanjšuje poraba fosilnih goriv in s tem emisije TGP. Da bi bil vpliv čim bolj opazen, je potrebno stalno, nemoteno delovanje vetrnih generatorjev, kar pogojuje njihovo vključevanje v nacionalni energetske sistem.

5.2.1.5 Vpliv na biosfero

VPLIV NA RASTLINSTVO

Uničenje, trajna odstranitev rastlinstva

Posledica zemeljskih in gradbenih del za vetrno elektrarno je uničenje rastlinske odeje in s tem značilnosti krajine. V primeru podzemeljskih električnih vodov je skorajda pravilo razmeroma hitra ozelenitev, ne pa vzpostavitev prvotnega stanja, zasutih jarkov. Sanacija dovozne ceste je sicer izvedljiva takoj po končani izgradnji elektrarne, žal pa se največkrat, če sploh kdaj, izvede šele po zaključku življenjske dobe elektrarne, ki traja nekaj desetletij.

Trajna odstranitev vegetacije ne spreminja le krajinske slike, temveč vpliva tudi na bogastvo in raznovrstnost rastlinskih vrst, na življenjski prostor številnih živalskih vrst in združb ipd. Vse predlagane lokacije za postavitev prvih vetrnih elektrarn v Sloveniji so znotraj predlaganih ali že obstoječih krajinskih ali regijskih parkov, kjer so varstveni režimi vpeljani ravno zato, da zaščitijo redke ali značilne rastlinske in živalske vrste, združbe. Mnoge od njih so namreč že na seznamih ogroženih vrst.

Sprememba rastlinskega pokrova

Vpliv rastlinskega pokrova na hitrosti vetra v višinah delujočih rotorjev je močan. Razred hrapavosti je pojem, ki ga je uvedla »vetrna industrija« in pripisuje vrednosti različnim stopnjam poraščenosti ali pozidanosti terena, glede na njihov vpliv na zmanjševanje hitrosti vetra v prizemni plasti. Jezera in morja imajo vrednost 0,0, travniki in pašniki le 0,5, gozdne površine pa so uvrščene v 4. razred. Iz tega izhaja, da bolj kot so površine gladke, slabše vplivajo na vetrovne razmere. Lastniki in upravljavci vetrnih elektrarn stremijo k zmanjševanju zunanjih vplivov na hitrosti vetra, zato največkrat posekajo obstoječo gozdno vegetacijo, grmičevje ali živice in dopuščajo le nizke travnike ali celo pašnike. Na tak način izginjajo značilni vzorci v neki krajini, izgublja se pestrost oblik in prepoznavnost. Zaradi možne neprilagojenosti novih vrst na razmere v okolju je za vzdrževanje zelenega sistema potreben večji vnos energije kot sicer. Tak ekosistem je vedno bolj odvisen od človekovega vzdrževanja in izgublja svojo naravnost ter prvobitnost.

VPLIV NA ŽIVALSTVO

Spremembe v vrstni ali številčni sestavi živalskih populacij

Poseg v prostor za izgradnjo vetrne elektrarne in njeno obratovanje povzročata spremembe tudi v živalskem svetu. Zaradi zapletenih okoljskih interakcij je predvidevanje možnih sprememb zelo težavno. Pomemben je monitoring razmer pred in po izgradnji ter med delovanjem elektrarne. V svetu je bilo največ pozornosti usmerjeno v raziskovanje vplivov na ptičje populacije, kjer so posledice mogoče najbolj in najhitreje opazne tudi laikom in zainteresirani javnosti, vendar so prizadeti tudi talni organizmi, plazilci, manjši in večji sesalci, žuželke in drugi živalski razredi (redovi).

Zaradi morebitnega uničenja določenih geomorfoloških posebnosti, spremembe ali odstranitve talnega substrata in sprememb v vrstni ali številčni sestavi rastlin, prihaja do kvalitativnih in kvantitativnih sprememb v živalskih populacijah. Največkrat so namreč trajno uničeni habitati, življenjski prostori določenih živalskih vrst, spremenjene ali pretrgane so »značilne, utečene« prehranjevalne verige. V okolje se priseljujejo nove rastlinske in živalske vrste, medtem ko se prvotne, neprilagojene na hitre spremembe,

umikajo ali celo izginjajo za vedno. Krajina izgublja pestrost, tipičnost, zanimivost, vzgojno izobraževalen pomen, saj lahko izginjajo tudi avtohtone in celo endemične vrste.

Mortaliteta ptic

V 80-tih letih prejšnjega stoletja je bilo največ pozornosti namenjene mortaliteti ptic kot posledici delovanja vetrnih elektrarn. Vendar so z natančnimi analizami dokazovali, da so statistično vetrne elektrarne v primerjavi z drugimi načini pridobivanja elektrike najmanjši krivec za pomor ptic. Tako naj bi izlitje nafte iz tankerja Exxon Valdez leta 1989 na obalah Aljaske pomorilo med 375.000 in 500.000 ptic. Kalifornijske vetrne elektrarne, ki letno proizvedejo 14 krat več elektrike, kot bi jo pridobili iz izlite nafte, bi enako količino ptic pomorile v 500 do 1000 leti obratovanja (Raynolds, 1998).

Vetrne elektrarne v Kaliforniji so ene najstarejših. Vetrni generatorji z različnimi višinami in oblikami nosilnih stebrov so na gosto postavljenimi na ornitološko pomembnih območjih, zato je mortaliteta ptic med najvišjimi na svetu (Erickson in sod., 2001: 33). Po predvidevanjih naj bi v letu 2001 na celotnem ozemlju ZDA vetrne elektrarne pomorile 2,19 ptice/vetrni generator/leto, od tega 0,033 ptice roparice/vetrni generator/leto. Izven Kalifornije naj bi pomrle 1,82 ptice/vetrni generator/leto, od tega 0,006 mrtvih ptic roparic/vetrni generator/leto (Erickson in sod., 2001: 39). Pri predpostavki, da letno zaradi trka z različnimi objekti v ZDA umre 200-500 milijonov ptic, izhaja, da vetrne elektrarne predstavljajo 0,01-0,02 %, komunikacijski stolpi 1-2 %, trki v zgradbe in okna 25-50 % in trki z vozili 15-30 % vseh mrtvih ptic (Erickson in sod., 2001: 16).

Najbolj pesimistične napovedi različnih študij prejšnjega stoletja (Raynolds, 1998) so predvidevale 1 mrtvo ptico/MW/leto. Študija iz leta 2004 (NWCC 2004: 4) predvideva poprečno 2,3 mrtvi ptici/vetrni generator/leto oziroma 3,1 mrtve ptice/MW/leto v vetrnih elektrarnah v ZDA, a izven Kalifornije. Predvidena mortaliteta ptic roparic je v Kaliforniji višja kot drugod v ZDA, saj se pričakuje 0,03 mrtve roparice/vetrni generator/leto v ZDA, od tega 0,15 mrtve roparice/vetrni generator/leto v Kaliforniji in 0,04 mrtve roparice/MW/leto v ZDA, od tega 1,37 mrtve roparice/MW/leto v Kaliforniji.

5.2.2 Vplivi na prostor kot naravni vir

Postavitev in delovanje vetrnih turbin in spremljajočih objektov elektrarne lahko zaradi obsežnih zemeljskih in gradbenih del prostor kot naravni vir uničijo ali pa močno omejijo njegovo rabo. V času obratovanja vetrne elektrarne je, ob predpostavki, da se prej utrjeno dovozno pot za potrebe težke mehanizacije in tovorov renaturira, raba prostora sicer omejena, a manj kot med samo izgradnjo. Po okrog 20 letih, kolikor znaša življenjska doba vitalnih delov poprečnega vetrnega generatorja, se vetrno elektrarno lahko odstrani in s tem zmanjša vpliv na prostor kot naravni vir. V kolikor se lokacija izkaže kot zelo ustrezna za vetrno izkoriščanje, ni realno pričakovati, da se bo po iztrošenosti vetrne elektrarne

prostor renaturiral, temveč se bo postavilo novo vetrno elektrarno. Zaradi ponovne potrebe po močno utrjeno dovozni poti za potrebe odvoza in dovoza težkih delov turbin se bo zopet povečal tudi vpliv na prostor kot naravni vir.

5.2.2.1 Kmetijska zemljišča

Vpliv vetrnih elektrarn na kmetijska zemljišča je najbolj negativen med samo izgradnjo, saj je raba močno omejena ali celo onemogočena zaradi uničenja naravnega vira. Med obratovanjem vetrne elektrarne pa je kmetijsko zemljišče kot naravni vir uničen vsaj v velikosti temeljev ($11 \times 11 \text{ m}^2$) posameznega vetrnega generatorja in površine vzdrževalne ceste. V kolikor so načrtovani dovolj visoki stolpi vetrnih generatorjev, sprememba osnovne namembnosti kmetijskega zemljišča ni potrebna, saj koeficient trenja vetra zaradi hrapavosti podlage z višino pada. V svetu so številne vetrne elektrarne razpoteegnjene po travnikih, poljih in pašnikih, kajti vpliv na manjšo rodovitnost poljščin ali živine menda še ni ugotovljen.

5.2.2.2 Gozd

Gozd kot naravni vir je zelo ranljiv za vetrne elektrarne, saj so vplivi nanj prisotni v vseh fazah gradnje in obratovanja vetrne elektrarne – praktično gre za uničenje gozda kot naravnega vira. Zaradi vpliva na hrapavost terena in s tem na hitrosti vetra se gozd namreč poseka vzdolž celotne vetrne elektrarne v pasu širine vsaj 30 m. Zaradi oblikovanja novega gozdne roba se spremeni tudi vrstna sestava gozda. Tudi med samim obratovanjem elektrarne se okrog vetrnih generatorjev vzdržuje čim bolj gladko okolico, zato se sproti odstranjuje eventualno ponovno zaraščanje. Po končanem obratovanju oz. odstranitvi vetrne elektrarne se lahko prostor povrne v prvotno stanje, a glede na počasno obnavljanje gozda je to zelo dolgotrajen proces. Pri tem se ponovno spremeni tudi sestava gozda, gozdne združbe.

5.2.2.3 Vodni viri

Vetrne elektrarne v ožjem smislu – t.j. trasa vetrnih generatorjev - neposredno ne posegajo v telo tekočih površinskih voda, v strugo ali na breg potokov in rek. Kljub temu so vodni viri zelo ranljivi, še zlasti viri, zajetja pitne vode. Vplivi vetrnih elektrarn so relevantni na obstoječih in potencialnih virih pitne vode.

Vplivi gradnje vetrne elektrarne na površinske vode so posredni in neposredni, povzročajo pa fizikalno-kemijske spremembe vodotokov ter vodnega živalstva in rastlinstva. Ob deževju se spremenijo procesi zbiranja in dotekanja meteorne vode v vodotoke, poveča se kalnost vodotokov, ki je največja v neposredni bližini gradbišča. Spremeni se vodni režim in naravni hidrološki procesi, kar posledično vpliva na spremenjeno morfologijo vodotoka.

Pomemben vpliv lahko predstavljajo tudi nepravilno deponiranje, odlaganje viškov izkopanega materiala ali posebnih odpadkov, odvzemanje vode iz vodotoka, izlitje nevarnih snovi iz samega vetrnega generatorja.

Najmočnejše negativne vplive gradnje elektrarne na podzemne vode povzročajo globoki izkopi za temeljne jame in druge infrastrukturne objekte na trasi servisne ceste. Ti posegi lahko prekinejo, poškodujejo vodonosne plasti, zato lahko pride do iztekanja podzemne vode, znižanja gladine podtalnice, posledično do osušitve eventualnih vodnjakov. Zaradi globokih temeljev, ki so tujki v tleh oz. matični kamnini, se lahko spremeni smer in hitrost toka podzemne vode. Odstranjevanje vrhnega sloja tal, ki praviloma predstavlja bolj ali manj prepustno izolatorsko plast nad vodonosnikom, pa tudi zatesnitev tal z nepropustnimi materiali vplivata na površinski odtok meteornih voda in s tem posledično na značilnosti podtalnice.

5.2.2.4 Mineralni viri

Vpliv vetrnih elektrarn na mineralne vire je omejen. Raba mineralnih virov bi bila onemogočena tam, kjer neposredno stoji vetrni generator. Zaradi ogromne teže posamezne vetrne turbine so potrebni močni in globoki temelji, ki največkrat sežejo prav do matične kamenine in s tem do mineralnega vira. V kolikor razmere dopuščajo, se mineralni vir lahko izrabi še pred dokončnim uničenjem s temeljenjem generatorja. Tudi po končanem obratovanju vetrne elektrarne se temeljev največkrat na izkopava, temveč se jih pusti v zemljišču, saj je mogoče predvidevati, da bi s tem ponovno porušili komaj vzpostavljeno ravnovesje.

5.2.3 Vplivi na bivanjske kakovosti okolja

5.2.3.1 Vpliv na vidne kakovosti okolja

Izgradnja vetrnega generatorja ali vetrne elektrarne povzroči vrsto vplivov na okolje, med katerimi je eden najpomembnejših vidni vpliv in posledično največkrat degradacija krajinskih kakovosti. To vrednotimo po prisotnosti in pestrosti različnih naravnih sestavin, kot so različne geomorfološke in hidrološke oblike, živalstvo, vegetacija, biotopi ali pa ocenjujemo vidni vpliv, vidno privlačnost krajine oz. kulturni značaj krajine. Merila vidne kakovosti prostora so subjektivna merila posameznih opazovalcev in uporabnikov krajine, spoznamo pa jih anketiranjem. Tudi mnenje javnosti o vetrnih elektrarnah v SV Sloveniji je bilo pridobljeno z anketno raziskavo, ki je podrobno predstavljena v nadaljevanju naloge.

5.2.3.2 Hrup

Vrtenje lopatic rotorja povzroča hrup visokih frekvenc, gibanje lopatice mimo samega nosilnega stebra pa hrup nizkih frekvenc. V sodobnih vetrnicah je hrup, ki ga dodatno povzroča še mehanizem prenosa zmanjšan na minimum. Na zaznavanje hrupa zaradi vetrnih elektrarn vplivajo izvor hrupa, hrup v ozadju, oddaljenost opazovalca od izvora, hitrost vetra, temperatura in vlažnost zraka, prisotnost ev. vegetacije, stavb ali drugih ovir pri širjenju hrupa ter trajanje hrupa. Hrup poprečnega vetrnega generatorja postane sprejemljiv za normalnega opazovalca (<50 dBA) na razdalji okrog 200-300 m od turbine, medtem ko je v neposredni bližini pri hitrosti vetra 8 m/s okrog 100 dBA (Hohmeyer, 2003: 180). Na ranljivost bivanjskih kakovosti zaradi hrupa je tako vezana oddaljenost opazovalca oz. naselij od linije vetrne elektrarne. Bližje kot je vetrna elektrarna, bolj so ranljive bivanjske kakovosti.

Z Uredbo o hrupu v naravnem in življenjskem okolju (1995) ter z njenimi spremembami in dopolnitvami (2006) je država Slovenija predpisala stopnje varovanja pred hrupom. Skladno s tem predpisom je hrup »vsak zvok, ki v naravnem in življenjskem okolju vzbuja nemir, moti človeka in škoduje njegovemu zdravju ali počutju ali škodljivo vpliva na okolje«. Stopnje varstva pred hrupom so določene glede na občutljivost posameznega območja naravnega ali življenjskega okolja. To so:

- I. stopnja za območje, ki potrebuje povečano varstvo pred hrupom, to je naravno območje, namenjeno turizmu in rekreaciji, neposredna okolica bolnišnic, zdravilišč in okrevališč ter območje narodnega parka ali naravnega rezervata;
- II. stopnja za območje, kjer ni dopusten noben poseg v okolje, ki je moteč zaradi povzročanja hrupa, to je območje, ki je primarno namenjeno bivanju oziroma zgradbam z varovanimi prostori, čisto stanovanjsko območje, okolica objektov vzgojnovarstvenega in izobraževalnega programa ter programa osnovnega zdravstvenega varstva, območje igrišč ter javnih parkov, javnih zelenih in rekreacijskih površin ter območje krajinskega ali regijskega parka;
- III. stopnja za območje, kjer je dopusten poseg v okolje, ki je manj moteč zaradi povzročanja hrupa, to je trgovsko-poslovno-stanovanjsko območje, ki je hkrati namenjeno bivanju oziroma zgradbam z varovanimi prostori in obrtnim ter podobnim proizvodnim dejavnostim (mešano območje), območje, namenjeno kmetijski dejavnosti ter javno središče, kjer se opravljajo upravne, trgovske, storitvene ali gostinske dejavnosti;
- IV. stopnja za območje, kjer je dopusten poseg v okolje, ki je lahko bolj moteč zaradi povzročanja hrupa, to je območje brez stanovanj, namenjeno industrijski ali obrtni ali drugi podobni proizvodnji, transportni, skladiščni ali servisni dejavnosti ter hrupnejšim komunalnim dejavnostim.

5.2.3.3 Vpliv na šport, rekreacijo, turizem

Vpliv vetrnih elektrarn je zlasti pomemben za na športe v zraku, kot so padalstvo in jadralno padalstvo, letenje z jadralnimi letali, modelarstvo ipd. Zaradi možnih hudih nesreč

postane območje vetrne elektrarne med izgradnjo in obratovanjem neprimerno za zračne športe. V zadnjih 30 letih (Gipe, 2006) se je le 10 % smrtnih nesreč zaradi vetrnih elektrarn zgodilo med športno-rekreativno dejavnostjo.

Zaradi svoje relativne razpršenosti vetrna elektrarna nima uničujočega vpliva na druge oblike rekreacije v naravi, npr. sprehodi, tek, pohodništvo, v kolikor ni bilo to vezano na ev. odstranjen gozd ali pa na vizualno nesprejemljivost takega območja za sprostitevno dejavnost.

S premišljeno postavitvijo v prostor lahko vetrna elektrarna postane tudi nov izletniški cilj in na ta način vzpodbuja razvoj turizma v območju. Kot izhaja iz odgovorov zbranih z anketo v okviru te naloge, bi se več kot polovica anketirancev vsaj enkrat odpeljala na ogled vetrne elektrarne, četrtnina pa tudi večkrat.

5.3 VIDNI VPLIVI VETRNIH ELEKTRARN

Izgradnja vetrne turbine ali vetrne elektrarne povzroči vrsto vplivov na okolje, med katerimi je eden najpomembnejših vidni vpliv in posledično največkrat degradacija krajinskih kakovosti. Krajinsko kakovost lahko ekspertno vrednotimo po prisotnosti in pestrosti različnih naravnih sestavin, kot so različne geomorfološke in hidrološke oblike, živalstvo, vegetacija, biotopi ali pa ocenjujemo vidni vpliv, vidno privlačnost krajine oz. kulturni značaj krajine.

Merila vidne kakovosti prostora so subjektivna merila posameznih opazovalcev in uporabnikov krajine, ki se oblikujejo skozi njihove lastne zaznave, izkušnje in pričakovanja. Čeprav so ta merila individualna in subjektivna, so zelo pomembna, saj so prvine identitete in prepoznavnosti krajine ter pomenske in simbolne kakovosti prostora skupne več ljudem in zato prerastejo, preskočijo iz individualne kvalitete v kolektivno oz. objektivno kakovost (Brečevič in sod., 2001: 2). S časom, s tehnološkim napredkom in s spremljanjem razvoja v svetu, se spreminjajo tudi merila zaznavanja in vidnih vplivov v prostoru, kjer živimo in delamo. Nekaj, kar je še pred leti veljalo za tujek v prostoru, ki je povzročal vizualno neskladje in je rušil domačnost, prijetnost ambienta, je danes lahko splošno priznana kvaliteta. Do te spremembe pride zaradi navajenost na prizorišče zaradi pogostega opazovanja in uporabe prostora ali pa zaradi drugih koristi, ki jih objekt nudi širšemu krogu prebivalstva (npr. antene za mobilno telefonsko omrežje so danes zaradi množične uporabe mobilnih telefonov nekaj povsem običajnega in sprejemljivega v okolju).

Za zbiranje mnenj, subjektivnih meril posameznih opazovalcev in uporabnikov krajine oz. širše javnosti, se danes največkrat poslužujemo metode ankete. Na ta način lahko raziščemo, kaj ljudje vedo in mislijo o določenemu problemu, kakšna so njihova stališča in prepričanja. Tako lahko spremljajmo odnos javnosti do posegov v prostor. Prav zato so bili

vidni vplivi potencialnih vetrnih elektrarn v SV Sloveniji, njihova vizualna prijetnost oz. skladnost preverjeni tudi z metodo ankete.

Na podlagi rezultatov anket drugje po svetu, zlasti v državah, ki so vodilne v izkoriščanju vetrne energije, se je izoblikovalo nekaj navodil, priporočil za umeščanje vetrnih elektrarn v prostor, oblikovanje posameznega vetrnega generatorja in njihovo vzdrževanje med obratovanjem (Stanton, 1996: 43-45; Nielsens, 1996: 12-23; Hohmeyer, 2003: 190-200).

Umeščanje v prostor:

- postavitev vetrne elektrarne naj sledi značilnim vzorcem krajine,
- vetrne elektrarne naj ne bodo ograjene, temveč prosto dostopne tudi javnosti,
- močno utrjene poti, potrebne za izgradnjo vetrne elektrarne, naj se po zaključku gradnje rekultivira, za vzdrževanje naj se uporablja ev. obstoječe poljske poti, kolovoze ipd.,
- daljnovidno omrežje znotraj vetrne elektrarne naj bo nevidno, vkopano v zemljo,
- spremljevalni objekti naj bodo odmaknjeni s področja elektrarne,
- oblika in gabariti spremljevalnih objektov naj se prilagajajo lokalni arhitekturi,
- izogibati se je treba postavitvam vetrnih elektrarn na izpostavljena, strma pobočja,
- kontrolirati je treba erozijsko delovanje in sproti renaturirati ranljiva območja,
- vetrne elektrarne vzdolž prometnic naj bodo na oddaljenosti, ki omogoča, da je v vidnem polju celoten objekt elektrarne, ne le posamezni deli, ali pa tako blizu, da med vožnjo ni treba umikati pogleda s ceste,
- razdalja med turbinami naj bo enaka, da vzbuja vtis enakomerno ponavljajočega se elementa, vzorca v krajini.

Oblikovanje posameznega vetrnega generatorja:

- uniformnost objektov – vetrni generatorji naj bodo enakih dimenzij, na enakih stebrih, smer in hitrost vrtenja rotorjev naj bo čimbolj podobna,
- sestavni deli naj bodo v vizualnem ravnovesju – zlasti nosilni steber in ohišje generatorja ter naj vzbujajo vtis tehnično-oblikovalske dovršenosti, skulpture,
- vetrni generatorji naj bodo bele ali svetlo sive barve, pobarvane naj bodo le konice rotorjev - v skladu z lokalno zakonodajo (opozorilna rdeča barva za lahko letalstvo v Nemčiji ipd.),
- rotor naj ima tri lopatice,
- steber naj bo jeklen, stožčaste oblike,
- transformator in ostala dodatna oprema (npr. stopnice, tovarna dvigala) naj bodo skriti v notranjosti stebra vetrnega generatorja,
- vetrni generatorji naj ne postanejo nove reklamne površine.

Vzdrževanje med obratovanjem:

- nedelujoče vetrne generatorje naj se takoj popravi ali odstrani,
- iz področja vetrne elektrarne naj se sproti odstranjuje ostanke materiala in smeti,
- umazane dele vetrnega generatorja naj se sproti očistiti,

- v brezvetrju naj se rotorji vseh vetrnih generatorjev v elektrarni postavijo v enak položaj.



Slika 34: Vetrna elektrarna različnih vetrnih turbin (Nordex, 2006)

Zaradi svojih tehnoloških zahtevnosti so vetrni generatorji oz. elektrarne vezane na vetrovno izpostavljena območja, ki so hkrati tudi vidno najbolj izpostavljena – na slemena, grebene, prevale v gričevnatem, hribovitem svetu ali pa so v obširnih ravninskih predelih. Z velikimi dimenzijami (stebri višine 45-55 m, lopatice rotorja dolžine 20-30 m) vetrne elektrarne močno izstopajo iz okoliške krajine, tako na grebenih kot v ravnini, in so kot take opazne tudi iz precej oddaljenih točk. Tako lahko že samo pojavljanje vetrne elektrarne, zlasti pa še »migotanje« svetlobe zaradi vrtenja rotorja, pobliskavanje vetrnega generatorja v soncu predstavlja neprijetne dražljaje za opazovalca ali pa le naključnega uporabnika prostora.

Ranljivost krajine zaradi vidnih vplivov vetrnih elektrarn je odvisna od vidne izpostavljenosti območja, njegovih vizualnih kakovosti in njegove naravovarstvene ohranjenosti oziroma degradacije, kulturnih, rekreacijskih, turističnih in drugih vrednot oz. vrednostnega sistema v danem časovnem obdobju. Z razvojem tehnologije izkoriščanja vetrne energije se spreminja tudi vidni vpliv; vetrni generatorji postajajo višji, zato se več razdalja med njimi, daljši rotorji pa se vrtijo počasneje.

5.4 MODELI RANLJIVOSTI

Analiza ranljivosti oz. ugotavljanje občutljivosti prostora je metoda, s katero ugotavljamo za nek poseg ali razvojno dejavnost bolj ranljive oz. občutljive dele prostora. Bistveni namen je opredeljevanje delov prostora, kamor je manj ustrezno ali neustrezno umestiti določene dejavnosti ali določen poseg. Prostorsko modeliranje analize ranljivosti prostora za vetrne elektrarne je bilo opravljeno s programom ProVal2000. Celice rastra so velike 100x100 m². Modeliranje je bilo praviloma opravljeno z modelom neposrednega prirejanja ocen – z matrikami. Podatkom so bile pripisane vrednosti od 1 (vpliva ni) do 5 (vpliv je nesprejemljiv). Izbor modelov (matrika interakcij) in vrednotenje vplivov je bilo opravljeno na podlagi lastne presoje in podatkov, pridobljenih z anketiranjem.

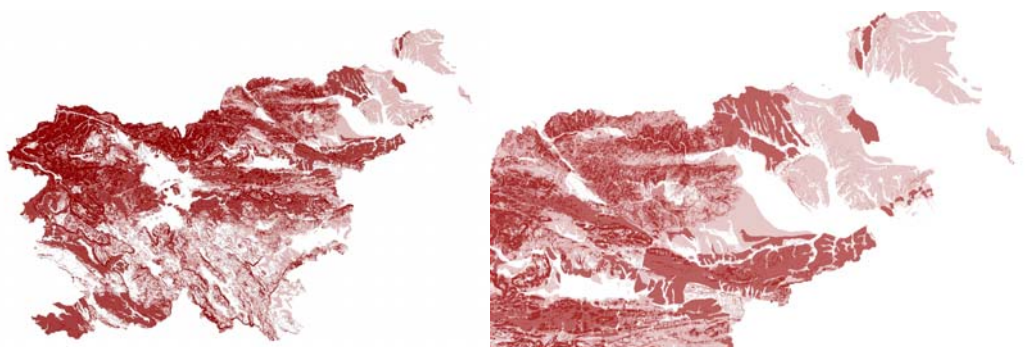
5.4.1 Model ranljivosti tal in reliefa

Vplivi posega:

- trajna sprememba izpostavljenih grebenov in vrhov; točkasti poseg večjega obsega za temelje vetrnih stebrov in plitvejši linijski poseg za podzemni kablovod,
- ogroženost posebnih morfoloških oblik,
- slabša stabilnost zemljišč,
- večanje erozijskega delovanja,
- povečana ogroženost območij velikih strmin.

Koncept modela:

- bolj ranljivi so izpostavljeni grebeni in vrhovi, zlasti tisti na območjih z velikimi strminami,
- bolj ranljive so posebne morfološke oblike,
- bolj ranljiva so območja višje kategorije erozije,
- bolj ranljiva so območja nestabilnega ozemlja.



Sliki 35 in 36: Ranljivosti tal in reliefa za Slovenijo (levo) in izsek za SV Slovenijo (temneje je bolj ranljivo)

Rezultat modela:

Bolj ranljiva so hribovita in bolj strma ter izpostavljena območja Pohorja, Kozjaka, Boča in Haloz. Griči Slovenski goric, razen v SZ delu, so manj ranljivi, Dravsko – Ptujsko polje ni ranljivo z vidika tal in reliefa.

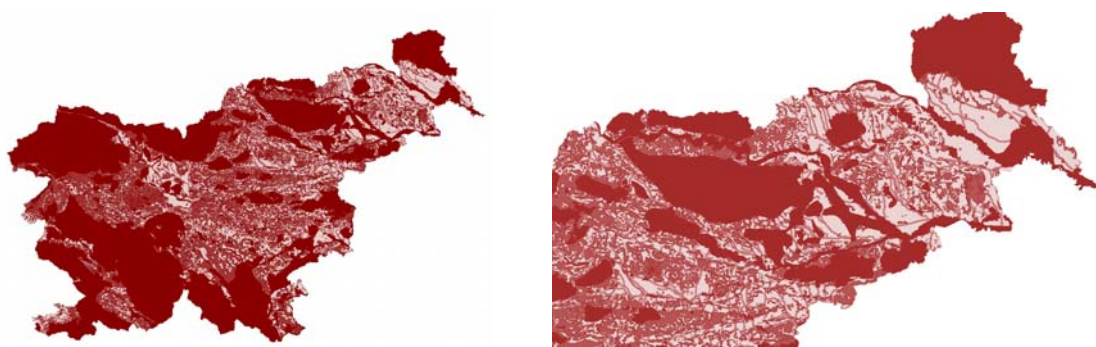
5.4.2 Model ranljivosti narave

Vplivi posega:

- uničenje ali sprememba stanja posebnih habitatov, pestrih biotopov, območij z različnim naravovarstvenim režimom,
- uničenje, spremembe stanja ali onesnaženje površinskih vodotokov.

Koncept modela:

- bolj ranljivi so pestrejši biotopi (gozd), območja posebnih vrednosti (gozdni rob),
- bolj ranljiva so ekološko pomembna območja - točke in območja naravnih vrednot,
- bolj ranljiva so zaščitena območja narave oz. naravne dediščine (narodni parki in naravni spomeniki so bolj ranljivi od regijskih in krajinskih parkov),
- bolj ranljivi so vodotoki, kategorizirani kot naravna dediščina, in vegetacija ob njih,
- naravno ohranjena območja na večjih strminah so bolj ranljiva,
- bolj ranljiva so območja naravnih habitatov, migracijskih poti ptic (območja zavarovana kot Natura 2000, po direktivah o habitatih in o pticah).



Sliki 37 in 38: Ranljivost narave za Slovenijo (levo) in izsek za SV Slovenijo (temneje je bolj ranljivo)

Rezultat modela:

Bolj ranljiva območja so naravovarstveno zaščitena gozdna območja hribovitega Pohorja, Boča in Kozjaka. Enako ranljiva so območja vzdolž večjih vodotokov (Drava, Dravinja, Pesnica, Mura) in drugih vodnih pojavov (jezera v Slovenski goricah – Pernica, Pristava, Komarnik, Radehova). Območje Slovenskih goric je manj ranljivo, razen tam, kjer se pojavijo razpršene točke višje ranljivosti. Tudi Dravsko - Ptujsko polje je manj ranljivo, razen vzdolž vodotokov.

5.4.3 Model ranljivosti bivalne kakovosti

Vplivi posega:

- povečanje stopnje hrupa v bivalnem in naravnem okolju,
- pojavljanje pobliskavanja rotorjev in migljajoče sence,
- povečanje stopnje hrupa v športno-rekreacijskih območjih.

Koncept modela:

- bolj ranljiva so območja v bližini strnjenih ali razpršenih naselij,
- bolj ranljiva so športno rekreacijska območja – območja naravne in kulturne dediščine, izjemne krajine, območja gozdov,
- bolj ranljiva so območja v bližini površinskih voda.



Sliki 39 in 40: Ranljivost bivanjske kakovosti za Slovenijo (levo) in izsek za SV Slovenijo (temneje je bolj ranljivo)

Rezultat modela:

V obravnavanem območju SV Slovenije je poselitev zelo razpršena, zato kot bolj ranljiva izstopajo tako območja strnjenih naselij oz. večjih mest (Maribor, Ptuj) kot območja razpršene poselitve Halož, Slovenskih goric, deloma Kozjaka. Manj ranljiva so območja hribovitega, gozdnatega in neposeljenega Boča in Pohorja.

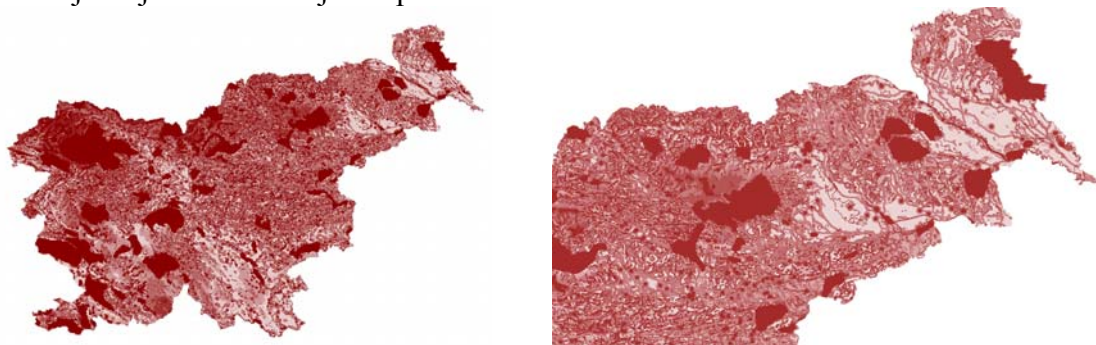
5.4.4 Model ranljivosti krajinske slike

Vplivi posega:

- sprememba značilnih pogledov,
- sprememba značilne krajinske strukture,
- zakrivljanje vidno izpostavljenih, privlačnih delov prostora,
- zmanjševanje krajinske pestrosti,
- vnos novih elementov v krajino.

Koncept modela:

- bolj ranljiva so območja izjemnih krajin,
- bolj ranljiva so vidno izpostavljena območja (greben, gozdni rob, vodni pojavi itd.),
- bolj ranljiva so območja in spomeniki kulturne dediščine.



Sliki 41 in 42: Ranljivost krajinske slike za Slovenijo (levo) in izsek za SV Slovenijo (temneje je bolj ranljivo)

Rezultat modela:

Bolj ranljiva so območja kulturne dediščine na ožjem območju Pohorja, Boča in na SV robu Slovenskih goric. Najmanj ranljiv je predel Dravsko- Ptujskega polja, medtem ko je v preostalem predelu obravnavanega območja SV Slovenije ranljivost zelo mozaična.

5.4.5 Združevanje modelov ranljivosti – skupna ranljivost prostora

Rezultat modeliranja je serija kart ranljivosti posamezne okoljske sestavine zaradi posega. Te karte se nato združijo v skupno karto ranljivosti. Načinov združevanja je več, uporabljeno pa je bilo pravilo maksimuma – model na določenem območju pokaže tisto najvišjo vrednost ranljivosti, ki je bila prisotna v kateremkoli od delnih modelov.



Sliki 43 in 44: Skupna ranljivost prostora oz. Slovenije (levo) in izsek za SV Slovenijo (temneje je bolj ranljivo)

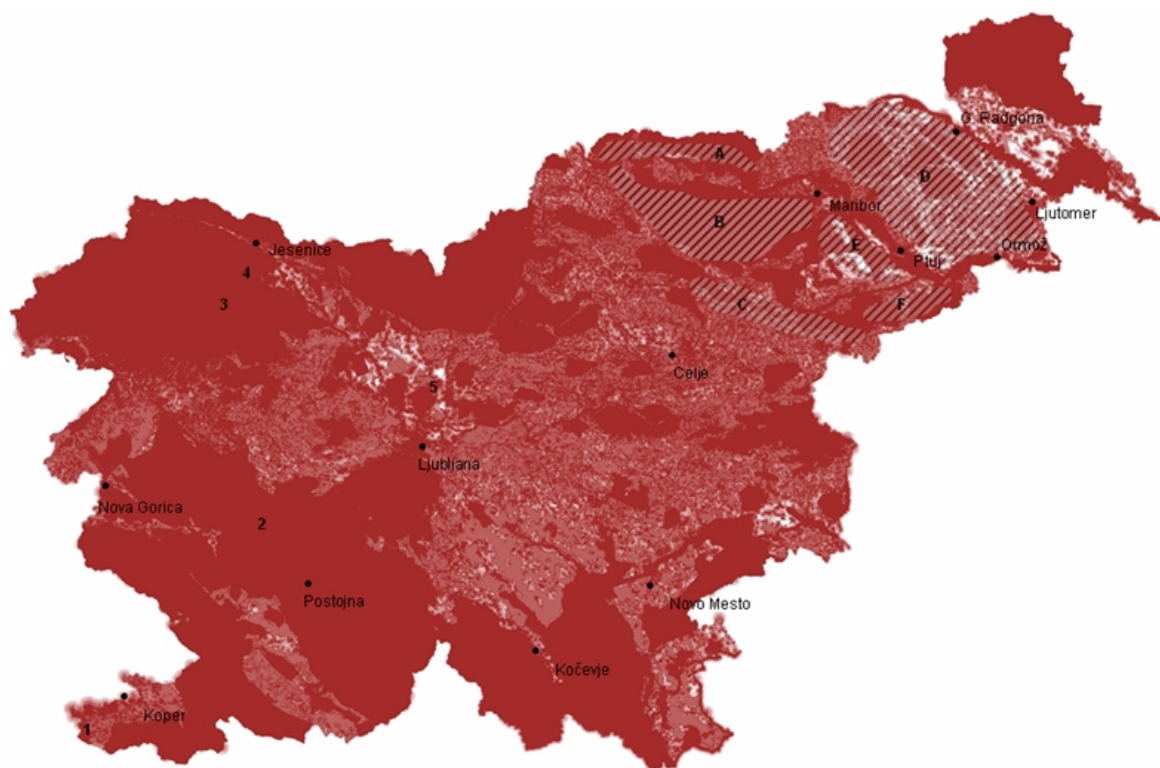
Rezultat modela:

Bolj ranljiva so naravovarstveno zaščitena gozdna območja hribovitega Pohorja, Kozjaka, ter Boča in Haloz. Enako ranljiva so območja vzdolž večjih vodotokov (Drava, Dravinja, Pesnica, Mura) in drugih vodnih pojavov (jezera v Slovenski goricah – Pernica, Pristava, Komarnik, Radehova). Področje Slovenskih goric je relativno manj ranljivo razen na SV robu, tam, kjer so območja izjemnih krajin in kulturne dediščine. Najmanj ranljivo je območje Dravsko-Ptujskega polja, razen vzdolž površinskih vodotokov.

5.5 ANALIZA USTREZNOSTI

Z združevanjem rezultatov analize privlačnosti in analize ranljivosti prostora analiziramo ustreznost prostora za nek poseg. Za sodobne vetrne elektrarne je najpomembnejši kriterij privlačnosti primerna prevetrenost prostora. Namesto modela prevetrenosti so bili uporabljeni podatki iz Atlasa vetra za Slovenijo na višini 50 m (Bertalanič, 2004: 3). V analizi ranljivosti prostora za vetrne elektrarne so bili izdelani najpomembnejši modeli ranljivosti: tal in reliefa, narave, bivalne kakovosti ter krajinske slike. Z združevanjem modelov ranljivosti posameznih okoljskih sestavin nastane model skupne ranljivosti

prostora. S primerjavo dobljenih rezultatov in podatkov iz Atlasa vetra za Slovenijo lahko opravimo analizo ustreznosti prostora za vetrne elektrarne.



Legenda:

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 – Portorož, soline | A – Kozjak |
| 2 – Črni vrh v Trnovskem gozdu | B – Pohorje |
| 3 – Koprivnik v Bohinju | C – Boč in Konjiške gore |
| 4 – Bled | D – Slovenske gorice |
| 5 – Mengeš | E – Dravsko – Ptujsko polje |
| | F – Haloze |

Slika 45: Združena karta skupne ranljivosti prostora in lokacij, območij nekdanjih mlinov na veter

Nekatera območja nekdanjih strnjenih mlinov na veter ležijo na, z vidika sodobnih vetrnih elektrarn, najbolj ranljivih delih prostora - Kozjak, Pohorje, Boč in Konjiške gore ter Haloze. Področje Slovenskih goric, kjer je bilo mlinov na veter največ, je na splošno sicer manj ranljivo; razen tam, kjer so najbolj ranljiva območja izjemnih krajin, kulturne dediščine in različnih vodnih pojavov. Najmanj ranljivo je območje Dravsko-Ptujskega polja, razen vzdolž površinskih vodotokov Drave in Dravinje. Kot izhaja iz Atlasa vetra za Slovenijo na višini 50 m (Bertalanič, 2004: 3) so to območja, kjer je poprečna hitrost vetra od 2 – 3 m/s, in se le na ožjem območju Boča, Konjiških gora in na vrhovih Pohorja dvigne nad 5 m/s. Rezultat analize ustreznosti je, da na obravnavanem območju SV Slovenije ni lokacij, primernih za rentabilno obratovanje sodobnih vetrnih elektrarn.

6 OSNOVE ANKETIRANJA

»Anketa je dandanes ena od najbolj razširjenih metod, s katerimi na anonimen način pridobimo različne podatke in mnenja v sodobni družbi. Z anketo raziskujemo, kaj ljudje vedo in mislijo o določenemu problemu, kakšna so njihova stališča in prepričanja - zlasti na področjih etike, politike in estetike, kakšne interese, želje in namene imajo. Anketa je tudi način zbiranja podatkov o ekonomskih, demografskih, socioloških, psiholoških in drugih lastnostih izbrane skupine ljudi oziroma populacije« (Zvonarevič, 1981: 119).

»V širšem smislu besede anketa je zaobjet celoten raziskovalni postopek. Ta obsega identifikacijo in velikost vzorca bodočih anketirancev, predstavnikov skupine, ki jo proučujemo, sestavo nedvoumnih vprašanj, na katera bodo anketiranci znali in bili pripravljeni odgovoriti. Pri tem je pomembna odločitev o obliki ankete – pisna, ustna ali vodena anketa imajo namreč vsaka svoje prednosti in slabosti. Posameznih oblik se poslužujemo predvsem glede na tematiko, ko jo proučujemo, in na vrsto vprašanj ter glede na vzorec populacije, ki ga anketiramo. V zaključku anketne raziskave je treba pridobljene podatke natančno obdelati, ovrednotiti, jih analizirati in interpretirati. Napake so možne in pogoste na vseh glavnih ravneh dela, zlasti pri obdelavi in interpretaciji podatkov, kar lahko vodi v zavajanje in sklepanje napačnih zaključkov« (Simoneti, 1995: 90).

»V svojem bistvu, v ožjem smislu besede, je anketa postopek, kjer izbranim osebam pisno ali ustno zastavljamo določeno število vprašanj, na katera pisno ali ustno odgovarjajo. Pridobljene odgovore nato obdelamo in jih kvalitativno, kvantitativno ali kavzalno analiziramo« (Zvonarevič, 1981: 119).

Ankete se razlikujejo po načinu zastavljanja vprašanj in podajanja odgovorov (pisno, ustno, vodena anketa), po prisotnosti anketarja (osebno, po pošti, po telefonu, preko interneta). Anketar lahko dodatno pojasni zapletena vprašanja, eventualno lahko izkušeni anketar iz govorice telesa razpozna resničnost podanih odgovorov. Glede na »intenzivnost« raziskav ločimo ekstenzivne ankete, kjer je velikemu številu anketirancev zastavljeno le malo vprašanj, in intenzivne, ki od manjšega števila vprašanih zahtevajo veliko odgovorov. Razlikujemo pa tudi obširne ankete in hitre anketne metode, kot so pilotske raziskave, tipalne ankete in izvedenske ankete. Obširne študije, izvedene na reprezentativnem vzorcu anketirancev, so uporabne zlasti v družbenih vedah, kot sta sociologija in psihologija, medtem ko je uporabnost hitrih anketnih raziskav omejena. Kljub temu pa lahko rezultati hitrih anket predstavljajo dober začetek ali osnovo za nadaljnje delo, saj širijo poznavanje določene problematike in odpirajo nove zanimive teme, čeprav zaradi majhnosti proučevanega vzorca posplošitev njihovih rezultatov ni možna.

Z rezultati vseh anketnih raziskav pridobivamo mnenja in nove podatke o izbrani problematiki ali področju družbenega življenja. Z njimi lahko preverjamo, dopolnjujemo ali zavrnemo različne hipoteze in predhodne trditve tudi s področja urejanja prostora, saj anketne raziskave omogočajo širši pogled na prostorske probleme. Z rezultati anket namreč

lahko spremljajmo odnos javnosti do posegov v prostor in tako preverjamo, objektiviziramo lastne ideje, probleme in cilje.

6.1 ZASNOVA ANKETE

Anketna raziskava v tej nalogi je izvedena le kot študijski primer in zaradi pomanjkanja časa in materialnih sredstev ni izvedena na statistično reprezentativnem vzorcu, čigar rezultate bi lahko posploševali za celotno populacijo. Zaradi namembnosti naloge je to namreč le pilotska anketna raziskava z dvema različnima skupinama anketirancev.

Namen te ankete je ugotoviti, kakšen je odnos ljudi do prostorskega pojavljanja novih, modernih tehnologij v okviru dejavnosti, ki je nekoč v obravnavanemu prostoru že bila prisotna, danes pa se jo vedno bolj prišteva k etnološki oz. tehnični dediščini. V tej nalogi gre konkretno za preverjanje odnosa oziroma vidnega vpliva med sodobnimi vetrnimi turbinami, ki stojijo na okrog 50 m visokih nosilnih stebrih, in prostorom oziroma območji, kjer so nekoč delovali številni mlini na veter, ki so v poprečju merili od 5 do 10 m v višino (zlasti Slovenske gorice, grebeni okrog Boča, v Halozah, na Dravskem, Ptujskem polju). Zaradi nekajkratnega povečanja dimenzij obravnavanih objektov bi se vidni vpliv tehnologije izkoriščanja vetrne energije in s tem najverjetneje tudi dojemanje kulturne krajine kot celote spremenil. Ta anketa naj bi raziskala, v primerjavi s podobno anketo (Brečevič, 2001), ki je obravnavala možne lokacije vetrnih elektrarn na Primorskem, vpliv na vizualno skladnost, prijetnost vetrnih elektrarn na eventualnih lokacijah v severovzhodni Sloveniji, kjer je bilo delovanje vetra v preteklosti že močno izkoriščano.

Osnovne teze, ki naj bi jih rezultati ankete potrdili ali ovrgli, so:

- Ljudje se zavedajo okoljevarstvenih problemov globalnega segrevanja ozračja in skorajšnje iztrošenosti konvencionalnih energetskega virov, a rešitve naj se iščejo drugje, »ne pri meni doma« (princip NIMBY - »Not in my backyard«).
- Sodobne vetrne elektrarne so nadgradnja nekdanjih vetrnih mlinov, a se v nasprotju z njimi ne vklaplajo v okolje, temveč predstavljajo močno znižanje vidne kakovosti okolja.
- Najbolj primerne lokacije za postavitev vetrnih elektrarn so tiste, ki asocirajo na že videne – ob morskih obalah in v morju npr. severozahodne Evrope.

Vzorec anonimnih anketirancev zajema 40 oseb, ločenih v dve skupini. V prvi skupini je 20 oseb različnih profilov, ki se poklicno ukvarjajo s prostorom. Drugo, primerjalno skupino pa sestavlja 20 naključno izbranih oseb iz velikega podjetja v Ljubljani. Izobrazbena struktura v drugi skupini je nižja od tiste v prvi. V obeh skupinah so ljudje, ki prihajajo iz različnih koncev Slovenije. Primerjava rezultatov obeh skupin naj bi pokazala, ali ljudje vidno zaznavamo, dojemamo krajino in njene elemente ter vplive nanje relativno

podobno, ali pa je »strah« in skrb pred negativnimi vplivi na vidne kakovosti okolja le stvar strokovnjakov, ki se s prostorom poklicno ukvarjajo.

6.2 ZASNOVA VPRAŠALNIKA

Vprašalnik je tematsko razdeljen na tri dele, vrstni red vprašanj je bil za vse anketirance enak. V prvem sklopu so zajeti demografski podatki o anketirancih, ki nam podajo osnovno sliko o obeh vzorčnih skupinah.

Poznavanje tehnologije vetrnih elektrarn, njihovih vplivov na okolje in druga vprašanja, vezana na energetske vire, so zajeta v drugem sklopu vprašalnika.

V tretjem, slikovnem, delu so fotomontaže vetrnih elektrarn na obravnavanih prizoriščih, krajih v SV Sloveniji, kjer so veter v preteklosti že izkoriščali.

6.3 IZVEDBA ANKETE

Pred anketiranjem so bili potencialni anketiranci zaprošeni za dovoljenje za anketiranje, vendar pa tema ankete ni bila razkrita. Anketiranci so vprašalnik izpolnjevali samostojno, vsak posebej in za to potrebovali deset do dvajset minut. Nihče ni prisotnost anketarja izkoristil za dodatna pojasnila k vprašanjem, kljub temu pa so nekatera ostala neodgovorjena. Anketiranci so bili naprošeni, da o vsebini vprašalnika ne govorijo s tistimi, ki so bili še na vrsti za anketiranje.

6.4 ANALIZA REZULTATOV

Anketna raziskava je izvedena le kot študijski primer in ni izvedena na statistično reprezentativnem vzorcu. Tudi izbor anketirancev ni popolnoma naključen. Prav zaradi tega rezultati niso obdelani s standardnimi statističnimi metodami, ampak le deskriptivno.

6.4.1 Prvi sklop vprašanj – demografski podatki anketirancev

Sodelovalo je štirideset (40) anketirancev, od tega 24 žensk (60%) in 16 moških (40%). V prvi skupini je bilo razmerje spolov enako – 10 (50%) žensk in 10 (50%) moških, v drugi pa so prevladovalе ženske – odgovarjalo jih je 14 (70%) in 6 moških (30%).

Preglednica 6: Spolna struktura anketirancev (vprašanje 1)

Spol	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Ženske	10 (50%)	14 (70%)	24 (60%)
Moški	10 (50%)	6 (30%)	16 (40%)

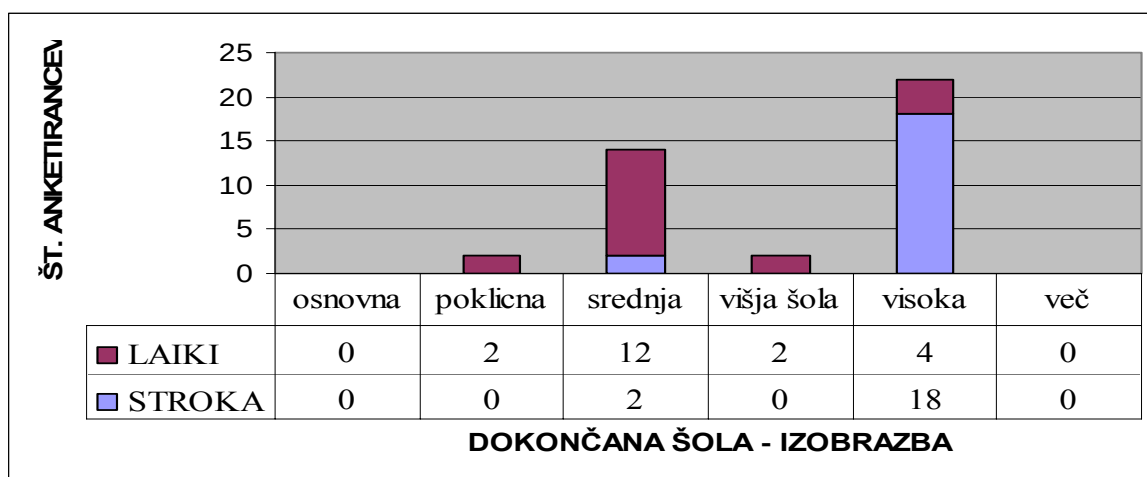
Starostna struktura anketirancev v obeh skupinah je podobna, celo poprečna starost vseh sodelujočih skupaj in ločeno po posameznih skupinah je enaka, 39,6 let. Razpon let je v prvi skupini večji, saj so anketiranci stari od 31 do 64 let, v drugi pa od 25 do 52 let.

Preglednica 7: Starostna struktura anketirancev (vprašanje 2)

Starost	1. skupina	2. skupina	Skupaj
18-25	/	2 (10%)	2 (5%)
26-35	8 (40%)	6 (30%)	14 (35%)
36-45	8 (40%)	6 (30%)	14 (35%)
Več kot 45	4 (20%)	6 (30%)	10 (25%)

Po stopnji dosežene izobrazbe sta si skupini zelo različni, kar je bilo pričakovano glede na izbor anketirancev. V prvi skupini prevladujejo visokošolski poklici (90%), ki se ukvarjajo z urejanjem prostora, v drugi skupini pa je izobrazbeni nivo bolj pester, prevladuje pa srednješolski (60%). V obeh skupinah je najvišja stopnja dosežene izobrazbe visoka šola.

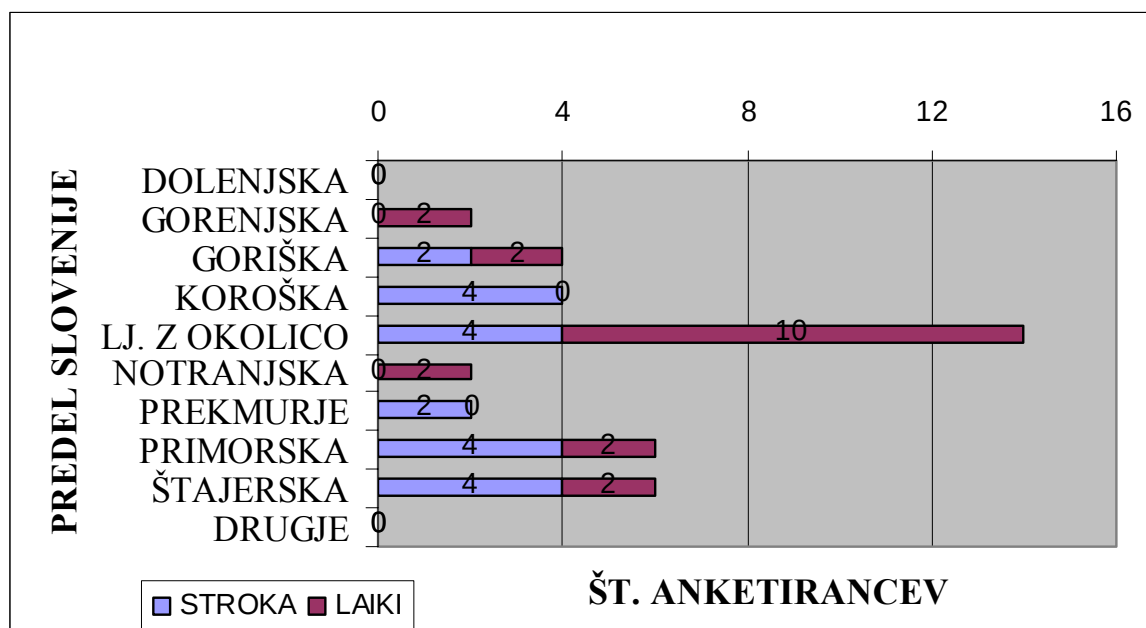
Slika 46: Izobrazbena struktura anketirancev (vprašanje 3)



Vprašanje o poklicnem ukvarjanju z urejanjem prostora je bilo ključno za uvrstitev v posamezno skupino anketirancev, zato rezultati ustrezajo pričakovanim. V prvi skupini je 20 anketirancev, ki se z urejanjem prostora poklicno ukvarjajo (v nadaljevanju »stroka«), v drugi pa ravno tako 20 anketirancev, ki se z urejanjem prostora poklicno ne ukvarjajo (v nadaljevanju »laiki«).

Bivanje v določenem predelu Slovenije lahko vpliva na njegovo prepoznavanje, na navezanost nanj, na odnos do novih posegov v njem, zato je pomemben podatek, kje so anketiranci preživeli večino njihovega življenja. V prvi skupini sta po 2 (10%) anketiranca iz Goriške in Prekmurja, po 4 (20%) pa iz Koroške, Ljubljane z okolico, Primorske in Štajerske. V drugi skupini prevladujejo anketiranci, ki so večino življenja preživeli v Ljubljani z okolico, teh je 10 (50%), po 2 (10%) prihajata iz Gorenjske, Goriške, Notranjske, Primorske in Štajerske.

Slika 47: Predel Slovenije, kjer so anketiranci preživel večino njihovega življenja (vprašanje 5)



6.4.2 Drugi sklop vprašanj – poznavanje tehnologije vetrnih elektrarn in energetske problematike

Pridobivanje energije iz vetrnih elektrarn je v svetu že nekaj časa uspešno. V Sloveniji pa vetrni generatorji pomenijo nekaj novega, doslej neznanega in zato morebiti strah in odpor vzbujajočega. V odgovorih na naslednjih enajst vprašanj se kaže, koliko so anketiranci seznanjeni z energetskimi problemi v svetovnem in slovenskem merilu, s tehnologijo vetrnih elektrarn in njihovimi vplivi na okolje.

Proti pričakovanjem so v obeh skupinah prevladovali pravilni odgovori o zahtevah kjotskega protokola. Le 10 (25%) odgovorov od vseh anketiranih je bilo napačnih oziroma niso vedeli o čem govori kjotski protokol.

Preglednica 8: Zahteve kjotskega protokola (vprašanje 6)

Zahteve kjotskega protokola	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Kloniranje ljudi	/	/	/
Ravnanje z odpadki	/	2 (10%)	2 (5%)
Zmanjševanje onesnaženja voda	2 (10%)	/	2 (5%)
Zmanjševanje izpusta škodljivih plinov v ozračje	16 (80%)	14 (70%)	30 (75%)
Genetsko spremenjena prehrana	/	/	/
Ne vem	2 (10%)	4 (20%)	6 (15%)

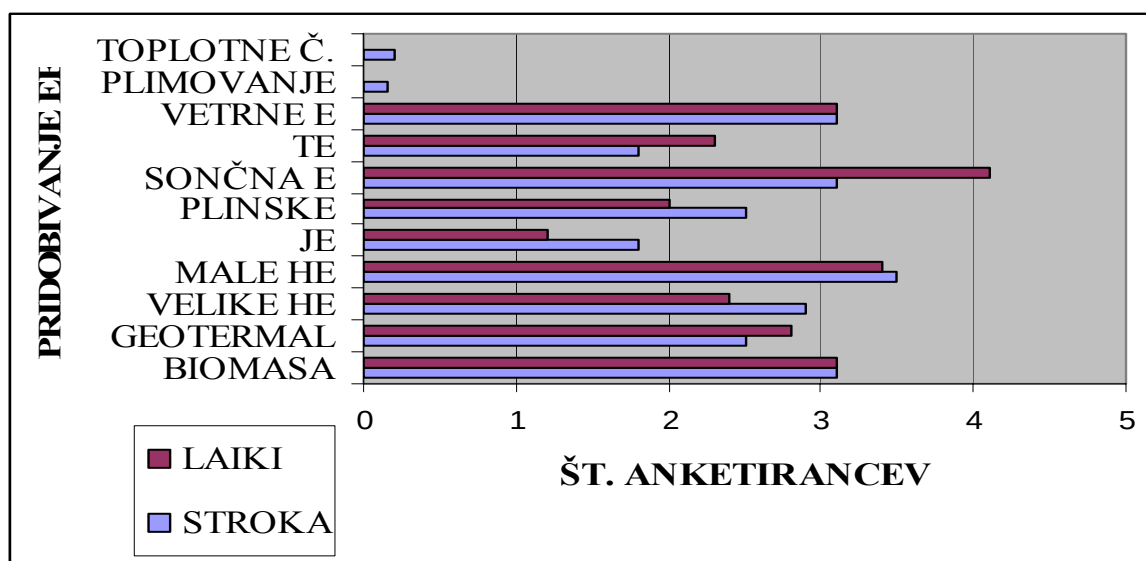
Vseeno je, ali se kjotski protokol izvaja, meni skupno 6 (15%) anketirancev. Nihče ne misli, da izvajanje ni oziroma sploh ni potrebno. Upoštevanje protokola je potrebno meni 14 (70%) anketiranih v prvi skupini in 10 (50%) v drugi. Protokol je vsekakor treba izvajati pa mislijo le 4 (20 %) v prvi skupini in 6 (30%) v drugi.

Preglednica 9: Ali je potrebno izvajanje kjotskega protokola (vprašanje 7)

Ali je treba izvajanje kjotskega protokola	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Sploh ne	/	/	/
Ne	/	/	/
Vseeno je	2 (10%)	4 (20%)	6 (15%)
Da	14 (70%)	10 (50%)	24 (60%)
Vsekakor da	4 (20%)	6 (30%)	10 (25%)

V vprašanju št. 8 so morali anketiranci označiti, koliko je posamezen način pridobivanje energije ustrezen za Slovenijo. Lestvica primernosti je bila petstopenjska: neprimeren (1), manj primeren (2), srednje primeren (3), precej primeren (4) in zelo primeren (5). Primerjava med obema skupinama je dala precej podobne rezultate. Skupno se kot zelo primeren (ocena 5) ni izkazal noben način, najvišjo oceno 3,6 pa je dobila sončna energija. Sledijo male hidro elektrarne (3,45), pridobivanje energije iz biomase in vetrne elektrarne (oba 3,1), geotermalna energija in velike hidro elektrarne (oba 2,65), plinske elektrarne (2,25) termo elektrarne (2,05) in nazadnje jedrske elektrarne (1,5). Prva skupina oz. »stroka« je na prvo mesto sicer uvrstila male hidro elektrarne, nato biomaso ter sončno energijo in vetrne elektrarne, sledijo velike hidro elektrarne. »Laiki« oz. 2. skupina meni, da je najbolj primerno izkoriščanje sončne energije, nato gradnja malih hidro elektrarn, šele nato biomasa in vetrne elektrarne. Največje razhajanje v oceni posameznega načina pridobivanja energije se je pojavilo pri sončni energiji, ki so jo »laiki« ocenili za precej primerno (4), »stroka« pa le za srednje primerno (3). Anketiranci so lahko predlagali še druge načine zajemanja energije; tako je plimovanje morje srednje primerno (3) in toplotne črpalke precej primerno (4) za Slovenijo.

Slika 48: Primernost (poprečna ocena) posameznega načina pridobivanja energije za Slovenijo (vprašanje 8)



Vetrne elektrarne povzročajo mnogo vplivov na okolje, ki jih posamezniki različno zaznavajo, vrednotijo oziroma sprejemajo njihove posledice. V vprašanju naštetim pojavom, vplivom, so anketiranci morali pripisati eno od naslednjih ocen: vetrne elektrarne pojava ne povzročajo (1), ga povzročajo, vendar posledice niso hude (2), ga povzročajo, a so posledice sprejemljive (3), ga povzročajo, posledice so zadržkom sprejemljive (4) in ga povzročajo, posledice so nesprejemljive (5). Ponovno so si rezultati obeh skupin precej podobni. Največja razlika (0,7) je v oceni hrupa; kjer »stroka« meni, da posledice niso hude, »laiki« pa da so posledice sprejemljive. Anketiranci menijo, da pojavov, katerih posledice so zadržkom sprejemljive ali pa celo nesprejemljive, ni. Najvišjo skupno oceno 3,1 so pripisali »letečim« delom vetrnih turbin v primeru poškodbe vetrnice, z oceno 2,85 sledijo »leteči« kosi ledu ob primrznitvah vode na lopatice rotorja.

Preglednica 10: Ali vetrne elektrarne lahko povzročajo naslednje pojave (vprašanje 9)

Vpliv, pojav	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Motnje elektromagnetnih valovanj (radarji, telekomunikacije)	1,7	1,9	1,8
Hrup	2,2	2,9	2,55
Privabljanje udara strele	2,1	2,1	2,1
Elektrifikacija krajev	1,6	1,8	1,7
»Leteči« deli vetrnih turbin v primeru poškodb vetrnice	3,1	3,1	3,1
»Leteči« kosi ledu ob primrznitvah vode na lopatice rotorja	2,9	2,8	2,85
Odpiranje novih delovnih mest	2,1	2,5	2,3
Pobliskavanje, bleščanje turbin v soncu	2,2	2,7	2,45

Vprašanje 10 je podobno prejšnjemu, kjer so se morali anketiranci »odločiti«, ali vetrne elektrarne našteje vplive, pojave sploh povzročajo. V odgovorih na 10 vprašanje pa so vprašani izrazili svoje mnenje o vplivih na okolje. Možni so bili odgovori: vpliv na okolje je zelo negativen (1), je negativen (2), ni vpliva (3), vpliv je pozitiven (4) in vpliv je zelo pozitiven (5). Skupno mnenje vseh anketirancev je, da vpliva, ki bi bil pozitiven ali zelo pozitiven, ni. S poprečno oceno 3,75 se temu najbolj približa vpliv na potrošnjo »starih, klasičnih« energetskih virov (premog, nafta, plin). Sledi vpliv na pline, ki segrevajo ozračje (3,55). Najbolj negativen (1,95) je vpliv na ptice, nato vpliv na vidne kakovosti okolja (2,05). Pričakovano so anketiranci prve skupine najslabše ocenili vpliv na vidne kakovosti okolja (1,6), medtem ko so ga laiki uvrstili skupaj z vplivom na osenčenost bližnje okolice turbin in vplivom na turizem in rekreacijo šele na 3-5 mesto (2,5). Največja razlika v ocenah posamezne skupine (0,9) je bila pri vplivu na potrošnjo »starih, klasičnih« energetskih virov (premog, nafta, plin), vpliv na pline, ki segrevajo ozračje in vplivu na vidne kakovosti okolja. Samoiniciativno pa sta dva anketiranca uvrstila vsak še po en vpliv in sicer vpliv na zračne športe (2) in vpliv na rabo prostora (2).

Preglednica 11: Kakšne vplive na okolje povzročajo vetrne elektrarne (vprašanje 10)

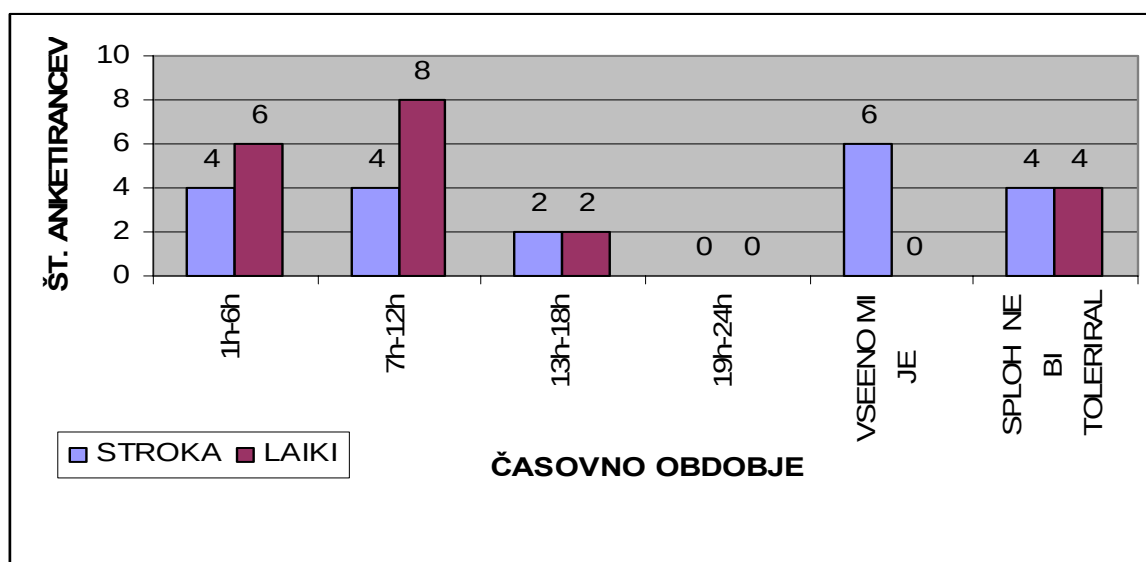
Vpliv, pojav	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Elektromagnetno sevanje	2,5	2,7	2,6
Izgradnja nove infrastrukture (ceste, daljnovodi) za potrebe vetrnih elektrarn	2,6	3,0	2,8
Osenčenost bližnje okolice turbin	2,8	2,5	2,65
Vpliv na kmetijstvo in gozdarstvo v prostoru	2,8	2,6	2,7
Vpliv na turizem in rekreacijo	2,5	2,5	2,5
Vpliv na ptice	1,8	2,1	1,95
Vpliv na druge živali	2,3	2,2	2,25
Vpliv na potrošnjo »starih klasičnih,« energetskih virov (premog, nafta, plin, ipd)	4,2	3,3	3,75
Vpliv na pline, ki segrevajo ozračje	4,0	3,1	3,55
Vpliv na tla, na zemljo	2,9	2,7	2,8
Vpliv na vidne kakovosti okolja	1,6	2,5	2,05
Vpliv na vode	3,2	3,1	3,15
Poprečna ocena vplivov	2,76	2,69	2,73
Drugo: vpliv na zračne športe (2)	0,1	/	0,05
Vpliv na rabo prostora (2)	0,1	/	0,05

Če ocenimo vse vplive na okolje, ki jih povzroča neka termoelektrarna s 100, je primerjalno delež vplivov na okolje, ki bi jih po mnenju vseh anketirancev povzročala enako močna vetrna elektrarna precej manjši, le 26,35. Prva skupina je delež vplivov ocenila na 22,2, druga pa na 30,5. Na prvi pogled se zdi odgovor presenetljiv, predober, a po pregledu prejšnjih vprašanj je precej logičen. Kljub nekako splošnemu odporu proti vetrnim elektrarnam so anketiranci mnenja, da vetrne elektrarne sicer povzročajo določene pojave, a v poprečju njihove posledice niso hude (vprašanje 9) oziroma, da vplivi na okolje

niso zelo negativni, kvečjemu malo negativni ali pa vpliva skorajda ni (vprašanje 10). Pridobivanje energije iz termoelektrarn se jim zdi manj primerno za Slovenijo, medtem ko so vetrnih elektrarne srednje primerne (vprašanje 8).

Da je vetrna elektrarna rentabilna, mora dnevno čimveč obratovati. V odgovorih na vprašanje 12 so anketiranci podali mnenje, koliko ur dnevno naj bi obratovala vetrne elektrarne v bližini njihovega doma, da bi jih tolerirali. Predpostavljala sem, da bodo ljudje proti vetrnicam v svojem bivanjskem okolju oziroma, da če že bodo postavljene, naj bodo čimbolj izkoriščene. Največ strokovnjakom (30 %) je vseeno kolikor ur dnevno obratujejo vetrne elektrarne, najmanj (10 %) jih odobrava 13 h-18 h dnevno, nihče pa se ni opredelil za 19 h-24 h. Med laiki se je največ (40 %) anketiranih strinjalo s 7 h-12 h obratovanjem, le 10 % manj jih je za 1 h-6 h. V obeh skupinah petina anketirancev sploh ne bi tolerirala prisotnost vetrnih elektrarn.

Slika 49: Koliko ur dnevno naj bi obratovala vetrne elektrarne da bi dopustili, tolerirali njihovo prisotnost v bližini vašega doma (vprašanje 12)



Kar petina anketirancev nima nobene predstave o poprečnih dimenzijah sodobnih vetrnih turbin, zato na vprašanje 13 sploh niso odgovorili. Sicer pa so si mnenja v obeh skupinah podobna, da so stebri visoki okrog 27 m in lopatice rotorja dolge 10 m. Iz poprečja močno izstopa odgovor, da je na 100 m stebri vetrnica s 30 m rotorjem. Poprečni sodobni vetrni generator (danski tip) meri 50 m v višino, premer rotorja je 20-25 m, torej so iz ankete dobljeni rezultati močno podcenjujoči. Trenutno največja vetrnica ima rotor premera 126 m na nosilnem stebri višine 120 m.

V navodilih 14. vprašanja je bila trditev, da so bila v Sloveniji na prelomu iz 19. v 20. st. strnjena območja nekaj 100 mlinov na veter. Anketiranci so izbirali med 36 naštetimi odgovori, možnih je bilo več odgovorov. Kljub vsemu je 6 anketirancev menilo, da takih območij v Sloveniji ni bilo. Največ glasov (po 12) je bilo pripisanih Vipavski dolini,

Goričkemu in Halozam. Nihče se ni opredelil za Kočevski rog z Malo goro, Gorenjsko v širšem smislu, Zahodne Karavanke ter za Velenjsko in Konjiško hribovje. Skoraj četrtina odgovorov strokovnjakov je bila pravih, pri laikih pa le slaba desetina.

Preglednica 12: Strnjena območja mlinov na veter (vprišanje 14)

Predel Slovenije	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Takih območij ni bilo v Sloveniji	4	2	6
Dolenjska	/	4	4
Kočevski rog, Mala gora	/	/	/
Novomeška pokrajina	/	2	2
Gorenjska	/	/	/
Savska ravan	/	2	2
Škofjeloško, Polhograjsko hribovje	/	2	2
Zahodne karavanke	/	/	/
Goriška	/	2	2
Banjščice	2	2	4
Goriška brda	/	4	4
Kras	2	4	6
Trnovski gozd	/	4	4
Vipavska dolina	2	10	12
Koroška	/	2	2
Ljubljana z okolico	/	2	2
Notranjska	2	4	6
Javorniki, snežnik	/	4	4
Nanos	2	6	8
Pivško podolje, Vremščica	/	4	4
Prekmurje	4	4	8
Goričko	6	6	12
Murska ravan	/	4	4
Slovenska istra	4	6	10
Brkini	/	4	4
Čičarija, podgorski kras	2	2	4
Koprska brda	/	2	2
Štajerska	2	2	4
Boč, macelj	/	4	4
Dravska ravan	/	2	2
Haloze	8	4	12
Kozjak, pohorje	2	2	4
Posavsko hribovje	/	2	2
Slovenjske gorice	2	2	4
Velenjsko, Konjiško hribovje	/	/	/
Drugje	/	/	/

V vprašanju 15 me je zanimalo mnenje anketirancev o dimenzijah teh nekdanjih mlinov na veter. Tudi pri tem vprašanju je bilo 6 vprašalnikov neodgovorjenih, a le 4 isti kot pri vprašanju 13. Poprečna ocena višine ohišja je skoraj 14,5 m in dolžina lopatice rotorja 6 m. Razlika med skupinama je najbolj opazna pri oceni višine ohišja, saj prva meni, da je visoko 11 m, druga pa skoraj 18 m. Lopatice rotorja pa naj bi merile 5 m pri prvi skupini in skoraj 7 m pri drugi. Če je poprečen mlin na veter meril okrog 8 m v višino, lopatice pa so bile dolge okrog 4 m, so rezultati iz ankete skoraj za polovico precenjujoči. Zanimiva je primerjava odgovorov na to in na 13 vprašanje, kjer se ocenjuje dimenzije poprečne sodobne vetrne turbine pri posameznih anketirancih. Tako nekdo navaja, da so mere današnjih vetrnih generatorjev 55 m ohišje in 20 m lopatice, starih mlinov na veter pa 40 m ohišje in 30 m lopatice. Pojavi se tudi kombinacija 30 m – 2 m vetrni generator in le 3 m – 1 m mlin na veter, ter 100 m – 30 m turbina in 40 m – 10 m stari mlin na veter.

Lokacije postavitev vetrnih elektrarn je v Sloveniji precej vroča tema, zato nas je zanimalo, kaj o tem menijo anketiranci. Vprašanje je bilo, ali bi lahko na prostoru, kjer so nekoč stali mlini na veter, danes postavili sodobne vetrne elektrarne. Pričakovan odgovor je tudi močno prevladujoč (60 %) v obeh skupinah, da bi take lokacije morali obravnavati enakovredno in hkrati z vsemi ostalimi. Le 10 % anketirancev bi lokacijam nekdanjih mlinov na veter dalo absolutno prednost.

Preglednica 13: Ali bi na prostoru, kjer so nekoč stali mlini na veter, danes lahko postavili sodobne vetrne elektrarne (vprašanje 16)

Ali bi na prostoru, kjer so nekoč stali mlini na veter, danes lahko postavili sodobne vetrne elektrarne	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Absolutno da, take lokacije bi morali obravnavati prednostno	2 (10%)	2 (10%)	4 (10%)
Da, a take lokacije bi morali obravnavati enakovredno in hkrati z vsemi ostalimi lokacijami	12 (60%)	12 (60%)	24 (60%)
Ne, ker se je tehnologija tako spremenila, da ni več »prednosti«	6 (30%)	4 (20%)	10 (25%)
Ne vem	/	2 (10%)	2 (5%)

6.4.3 Tretji sklop vprašanj - fotomontaže vetrnih elektrarn

V zadnjem sklopu vprašanj so anketiranci na podlagi fotomontaž ocenjevali prijetnost, skladnost, vizualno privlačnost različnih načinov postavitve vetrnih elektrarn na konkretna prizorišča v SV Sloveniji, predvsem tam, kjer so nekoč že stali mlini na veter. Ocenjevalna lestvica je bila petstopenjska: sploh ni prijetno (1), pogojno prijetno (2), še kar prijetno (3), precej prijetno (4) in zelo prijetno (5). Primerjava ocen posamezne skupine anketirancev pokaže precejšnjo usklajenost odgovorov, a vendar so v prvi skupini, kjer se anketiranci poklicno ukvarjajo z urejanjem prostora, za odtonek bolj kritični in so ocene nižje.

V prvih dveh fotomontažah (vprašanje 17) so vetrnice postavljene na dolg greben Sladke gore oz. Dolge gore, relativno daleč od opazovalca. Razlika med posnetkoma je v velikosti in številčnosti vetrnih turbin. Na posnetku A so vetrnice za polovico manjše, a jih je enkrat več, kot na posnetku B. Rezultati ankete so pokazali, da se anketirancem v obeh skupinah zdi varianta A – več manjših turbin – sicer vizualno prijetnejša, a ne doseže ocene pogojne prijetnosti (2), temveč le malo manj (1,9).

A



B



Slika 50: Sladka gora – Dolga gora - posnetek A (zgoraj) in posnetek B (spodaj)

Preglednica 14: Sladka gora – Dolga gora - koliko je posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 17)

	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Posnetek A – več manjših vetrnih generatorjev	1,7	2,1	1,9
Posnetek B – manj večjih vetrnih generatorjev	1,4	1,8	1,6

V vprašanju 18 so anketiranci primerjali vetrno elektrarno postavljeno na greben (A) z vetrno elektrarno enakih dimenzij, le da je postavljena v prostor tako, kot so bili nekoč mlini na veter - nosilno ohišje je pod grebenom, nad njim je vetru izpostavljen le rotor (B). Kot pogojno prijetno (2) so anketiranci ocenili postavitvev pod greben (B), grebenska postavitvev (A) pa je bila ocenjena slabše (1,65).

A



B

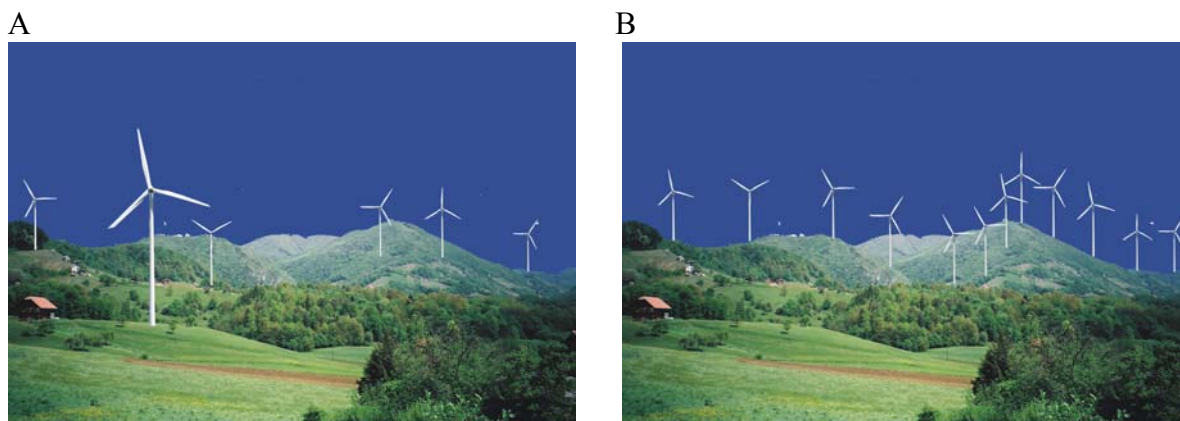


Slika 51: Zg. Gabnik - posnetek A (levo) in posnetek B (desno)

Preglednica 15: Zg. Gabnik - koliko je posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna (vprišanje 18)

	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Posnetek A – na vrhu grebena	1,5	1,8	1,65
Posnetek B – pod grebenom	1,9	2,1	2

Primerjava vetrnega polja, ki sledi grebenom okrog Boča (B), in vetrnega polja, ki izkorišča mikrolokacijske vetrovne danosti in zato deluje neurejeno, razmetano po prostoru (A), v vprišanju 19 da presenetljiv rezultat. Skupna ocena obeh skupin je 1,9 za varianto A in 1,85 za varianto B. Prvi skupini se zdi varianta A prijetnejša (1,9), drugi pa varianta B (2,1). Lahko da je razlog tudi število vetrnih generatorjev, saj jih na grebenski postavitvi precej več kot na posnetku A.

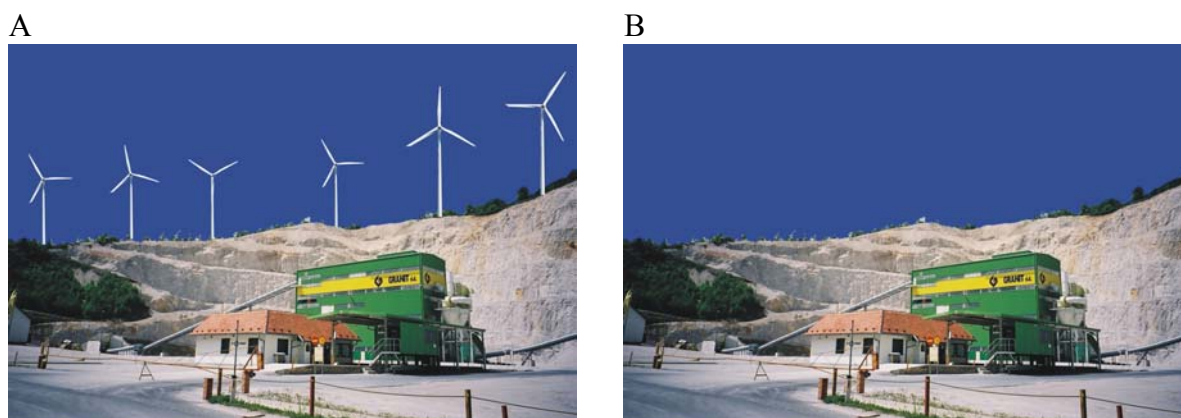


Slika 52: Boč - posnetek A (levo) in posnetek B (desno)

Preglednica 16: Boč - koliko je posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna (vprišanje 19)

	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Posnetek A – razpršeno po prostoru	1,9	1,9	1,9
Posnetek B – po grebenu	1,6	2,1	1,85

Alternativa postavitvi vetrne elektrarne v bolj ali manj prvobitno naravo ali kulturno krajino je umeščanje v že degradirana območja. Na posnetku B (vprišanje 20) je obstoječi kamnolom z delovnimi obrati in poslovno stavbo. Na posnetku – fotomontaži A pa so na zgornji rob kamnoloma postavljene, dodane še vetrne turbine. Zanimivo je, da obe primerjalni skupini ocenjujeta fotomontažo – kamnolom z dodanimi vetrnimi turbinami – kot bolj skladen, vizualno prijeten ambient (2,05), kot posnetek dejanskega stanja kamnoloma (1,45). Opazna je razlika v oceni posnetkov med primerjalnima skupinama. Stroka le za 0,3 točke bolje ocenjuje kamnolom z vetrnimi turbinami, laiki pa za skoraj celo točko. Iz rezultatov izhaja, da vetrni generator ni nujno moteč, vizualno neprijeten dejavnik v okolju. S premišljeno umestitvijo v prostor lahko poveča njegovo prijetnost, ugodje čustvenega doživljanja.



Slika 53: Kamnolom Poljčane – posnetek A (levo) in posnetek B (desno)

Preglednica 17: Kamnolom Poljčane - koliko je posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 20)

	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Posnetek A – z vetrnimi generatorji	1,8	2,3	2,05
Posnetek B – brez vetrnih generatorjev	1,5	1,4	1,45

Vprašanje 21 vsebuje 4 fotomontaže vetrnega polja v ravninskem predelu, v njivski kulturni krajini. V fotomontaži A je vetrno polje enolinijsko, postavljeno relativno daleč od opazovalca. Dodatna linija vetrnih turbin je na fotomontaži B tik pred opazovalcem, na fotomontaži C pa daleč stran. Kombinacija trolinijske vetrne elektrarne, kjer je ena linija tik pred opazovalcem drugi dve pa sta bolj oddaljeni, je prikazana na fotomontaži D. Pogojno prijetno (2) se zdi anketirancem enolinijsko vetrno polje (A), sledi (1,55) mu dvolinijsko polje, kjer sta obe liniji relativno daleč od opazovalca (C). Fotomontaži B in D, kjer ena linija vetrne elektrarne poteka tik pred točko opazovanje, ostale pa daleč stran, sta prejeli enako oceno (1,3).

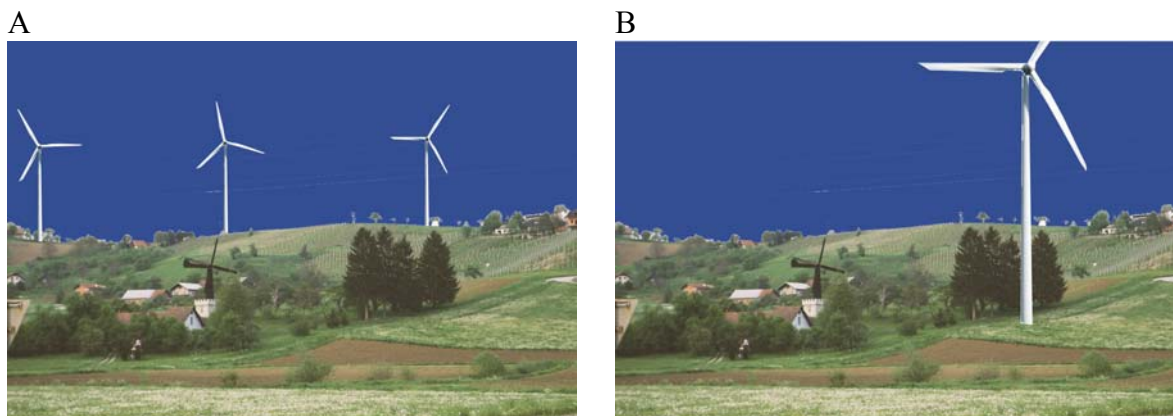


Slika 54: Pesniška dolina – posnetek A (zgoraj levo), posnetek B (spodaj levo), posnetek C (zgoraj desno) in posnetek D (spodaj desno)

Preglednica 18: Pesniška dolina - koliko je posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 21)

	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Posnetek A – enolinijsko polje od daleč	2	2	2
Posnetek B – dvolinijsko polje od blizu	1,2	1,4	1,3
Posnetek C - dvolinijsko polje od daleč	1,6	1,5	1,55
Posnetek D – trolinijsko polje od blizu	1,2	1,4	1,3

Dilema postavitve vetrnih turbin neposredno v urbana naselja, vasi (fotomontaža B) ali pa na njihov rob, na greben griča za vasjo (A) je prikazana v vprašanju 22. Anketirancem druge skupine je vseeno in obe postavitvi ocenjujejo enako (1,8), vprašani iz prve skupine pa menijo, da je varianta B (1,6) za malenkost prijetnejša od variante A (1,4). Zanimivo je, da so odgovori na to vprašanje v bistvu nasprotujoči rezultatom prejšnjega vprašanja.



Slika 55: Jakobski dol – posnetek A (levo) in posnetek B (desno)

Preglednica 19: Jakobski dol - koliko je posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 22)

	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Posnetek A – daleč na grebenu	1,4	1,8	1,6
Posnetek B – blizu, v naselju	1,6	1,8	1,7

V gričevnati krajini, kjer so vsi orografski elementi manjših dimenzij, bi sodobne vetrne turbine precej izstopale. V vprašanju 23 so anketirani primerjali vizualno skladnost vetrnega polja vzdolž lokalne ceste (A), prečno na cesto (B), razpršeno, »neurejeno« vetno polje ob cesti (C) in dejansko stanje krajine brez vetrnih turbin (D). Za posnetek D je bil pričakovan vsaj odgovor 4, da je vizualno precej prijeten, skladen. Pogojno prijetna (2,05) je vetrna elektrarna vzdolž prometnice (B), medtem ko sta prečni (A) in razpršeni (C) vetrni polji ocenjeni kot še manj primerni (1,75).

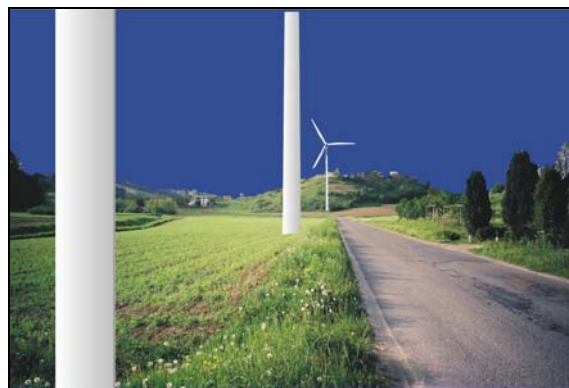
Preglednica 20: Vukovski dol - koliko je posamezna varianta vetrnega poljaskladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 23)

	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Posnetek A - prečno	1,7	1,8	1,75
Posnetek B – vzdolžno	1,7	2,4	2,05
Posnetek C - razpršeno	1,4	2,1	1,75
Posnetek D – brez vetrnih generatorjev	4,0	4,0	4,0

A



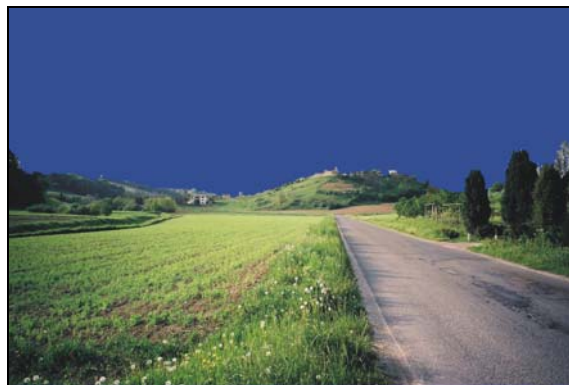
C



B



D



Slika 56: Vukovski dol - posnetek A (zgoraj levo), posnetek B (spodaj levo), posnetek C (zgoraj desno) in posnetek D (spodaj desno)

Današnje vetrne turbine so novost v našem okolju. Ljudje se večinoma novih, nepoznanih stvari bojimo, jih ne sprejemamo, zato so slabe ocene skladnosti, vizualne prijetnosti vetrnih elektrarn v slovenskih prizoriščih pričakovane. Nasprotno temu je klopotec pri nas zelo dobro znana priprava, ki naj bi iz vinogradov odganjala ptice. V vprašanju 24 so anketirani primerjali fotografijo vinograda brez klopotca (B) in fotomontažo istega vinograda s tremi klopotci (A). Mnenje obeh primerjalnih skupin je bilo usklajeno, da je vinograd s klopotci še kar prijeten (3,15), tisti brez klopotcev pa je precej prijeten (4,05).

A



B



Slika 57: Vinograd- posnetek A (levo) in posnetek B (desno)

Preglednica 21: Vinograd- koliko je posamezna varianta skladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 24)

	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Posnetek A – s klopotci	3,3	3,0	3,15
Posnetek B – brez klopotcev	4,1	4,0	4,05

Primerjava sprejemljivosti posameznih objektov za izkoriščanje vetra v našem kulturnem okolju (vprašanje 25) je pokazala, da se anketiranim zdijo klopotci precej sprejemljivi (3,7), stari mlini na veter so sprejemljivi (3,05), sodobne vetrne turbine pa so malo sprejemljive (2,55). Najbolj izstopajoča posamezna ocena je, da stari mlini in klopotci sploh niso sprejemljivi (1), medtem ko sodobne vetrnice so sprejemljive (3).

A



B



C



Slika 58: Stari mlin na veter, klopotec in sodobni vetrni generator

Preglednica 22: Koliko je posamezna naprava za izkoriščanje vetra skladna oz. vizualno prijetna (vprašanje 25)

	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Posnetek A - mlin na veter	3,3	2,8	3,05
Posnetek B - klopotec	4,1	3,3	3,7
Posnetek C - sodobni vetrni generator	2,3	2,8	2,55

Vprašanje 26 sprašuje po sprejemljivosti vetrnih elektrarn v posameznih krajinskih tipih. Anketiranci obeh skupin so kot najbolj sprejemljivo ocenili postavitev vetrnih elektrarn v industrijska območja (»stroka« 3,8 in »laiki« 2,7), kot najslabše pa so »strokovnjaki« ocenili vetrne elektrarne na vidnih, izpostavljenih legah (1,3), »laiki« pa v območjih oz. bližini objektov kulturne dediščine (1).

Preglednica 23: Sprejemljivost vetrnih elektrarn v različnih krajinskih tipih (vprašanje 26)

Krajinski tipi	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Na ravnini	2,5	2,5	2,50
V gričevju	2,4	2,6	2,50
V hribovju	1,9	2,3	2,10
V hribih nad gozdno mejo	1,6	2,3	1,95
Na vidnih, izpostavljenih legah	1,3	2,3	1,80
Na kmetijskih zemljiščih (njive, polja)	1,8	1,4	1,60
Na travnikih, pašnikih	2,3	1,7	2,00
V gozdu	1,8	1,7	1,75
V industrijskih območjih	3,8	2,7	3,25
Vzdolž prometnih infrastruktur	2,8	2,5	2,65
V naseljenih območjih	1,4	1,4	1,40
V rekreacijsko pomembnih območjih	1,8	1,4	1,60
V območjih varovanja naravne dediščine (parki različnih kategorij)	1,7	1,2	1,45
V območjih oz. Bližini objektov kulturne dediščine	1,7	1,0	1,35
V morju	1,9	2,0	1,95
Vzdolž morskih, rečnih obal	2,0	2,0	2,00
Drugo: /	/	/	/

Na konkretno vprašanje 27, kam, v katere dele Slovenije bi se vetrne elektrarne vidno najbolj prijetno, skladno vključile v okolje, se je največ anketirancev odločilo za Slovensko Istro (16) in Prekmurje (14), nato sledi odgovor, da takih območij pri nas sploh ni (12). Najmanj glasov sta dobili Koroška (0) in Gorenjska (2). Zanimivo je, da so odgovori na prejšnja vprašanja, zlasti ocenjevanje prijetnosti fotomontaž, med obema primerjalnima skupinama relativno podobni, tu pa se precej razlikujejo.

Preglednica 24: Predel Slovenije, kjer bi se vetrne elektrarne vidno najbolj prijetno, skladno vključile v okolje (vprašanje 27)

Predel slovenije	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Takih območij ni v Sloveniji	4	8	12
Dolenjska	4	2	6
Gorenjska	/	2	2
Goriška	2	8	10
Koroška	/	/	/
Ljubljana z okolico	6	/	6
Notranjska	4	4	8
Prekmurje	10	4	14
Slovenska istra	6	10	16
Štajerska	2	8	10
Drugje	/	/	/

Kako privlačni turistični objekti so vetrni generatorji je razkrilo vprašanje 28, kjer je bilo možnih več odgovorov. Več kot polovica (24) anketirancev bi se enkrat odpeljala v poprečju okrog 110 km daleč, da bi si lahko od blizu ogledali vetrno elektrarno. Ena četrtnina bi si vetrno turbino ogledala celo večkrat, a le, če bi bila oddaljena do 45 km. Nobenega interesa po spoznavanju vetrnih elektrarn nima 8 anketirancev, 2 jo že poznata, zato si je ne bi ponovno ogledala. Zanimiva sta bila predvsem dva odgovora; nekdo bi se večkrat odpeljal do 1 km daleč, drugi bi si le enkrat ogledal do 500 km oddaljeno vetrno elektrarno. Trenutno sta nam najbližji veliki vetrni turbini v predmestju Dunaja, v južni industrijski coni, ki je od Ljubljane oddaljena manj kot 450 km po avtocesti.

Preglednica 25: Kako daleč stran od kraja vašega bivališča bi se bili pripravljene odpeljati, da bi si od blizu ogledali vetrno elektrarno (vprašanje 28)

	1. skupina		2. skupina		Skupaj	
Sploh si ne bi ogledal-a vetrne elektrarne, ker me ne zanima	6		2		8	
Vetrne elektrarne že poznam, zato si jih ponovno ne bi več ogledal-a	/		2		2	
Odpeljal-a bi se do ___ km daleč, a le enkrat	14	128,5 km	10	91,0 km	24	112,9 km
Večkrat bi se odpeljal-a do ___ km daleč	4	17,5 km	6	63,6 km	10	45,2 km

Razvrstitev dejavnikov, kriterijev (1 – najbolj pomemben, 5 – najmanj pomemben), ki bi jih morali upoštevati pri izbiri lokacije za vetrno elektrarno (vprašanje 29), se med skupinama le malenkostno razlikujeta. Obe na prvo mesto po pomembnosti postavljata oddaljenost od naselij, na zadnji pa oddaljenost od obstoječih cest in daljnovodov. Anketiranci prve skupine menijo, da je videz oz. vidno vključevanje v prostor pomembnejše od hitrosti vetra, vprašani v drugi skupini pa mislijo nasprotno.

Preglednica 26: Razvrstitev dejavnikov, kriterijev po pomembnosti, na podlagi katere bi morali izbirati lokacije za izgradnjo vetrne elektrarne (vprašanje 29)

Dejavnik, kriterij	1. skupina	2. skupina	Skupaj
Oddaljenost od naselij	2,2	1,8	2,00
Oddaljenost od obstoječih cest	4,2	3,1	3,65
Oddaljenost od obstoječih daljnovodov	4,3	3,5	3,90
Hitrost vetra	2,4	2,2	2,30
Videz oz. Vidno vključevanje v prostor	2,3	2,8	2,55

6.5 INTERPRETACIJA REZULTATOV ANKETNE RAZISKAVE

Čeprav anketna raziskava ni izvedena na statistično reprezentativnem vzorcu in zato rezultati niso obdelani s standardnimi statističnimi metodami, pa se v dobljenih rezultatih - odgovorih na določena vprašanja kaže malenkostna razlika vrednot med primerjalnima skupinama. V prvi skupini so namreč osebe različnih profilov, ki se poklicno ukvarjajo z urejanjem prostora, v drugi pa ne. Anketiranci obeh skupin prihajajo iz praktično vseh predelov Slovenije, a poznavanje, navezanost na domače okolje ne vpliva na odnos do vetrne tehnologije.

Kljub nekdanjim mlinom na veter se zdi, da je izkoriščanje vetrne energije nekaj novega v naših krajih. Predstava o dimenzijah naprav za izkoriščanje vetra nekoč in danes je močno popačena. Obe skupini za polovico podcenjujeta sodobne vetrne generatorje in skoraj za polovico precenjujeta velikost nekdanjih mlinov na veter. Dobra četrtina vseh odgovorov stroke o lokacijah nekdanjih mlinov na veter je pravilna in le desetina odgovorov laikov. Obe skupini se strinjata, da bi morali za iskanje primernih lokacij sodobnih vetrnih elektrarn nekdanje obravnavati enakovredno in hkrati z vsemi ostalimi primernimi.

Večina anketirancev pozna grožnje današnjega globalnega segrevanja ozračja, seznanjeni so z zahtevami kjotskega protokola in menijo, da je njegovo uresničevanje potrebno. V oceni primernosti različnih načinov pridobivanja energije za Slovenijo, pa se kažejo razlike med primerjalnima skupinama. Presenetljivo, stroka na prvo mesto postavlja male hidroelektrarne, čeprav so te že nekaj časa spoznane za okoljevarstveni problem, ker posegajo v ekološko najobčutljivejša območja in tako predstavljajo veliko obremenitev za okolje. Na drugem mestu so skupaj »novi obnovljivi« viri energije – biomasa, sončna in vetrna energija. Sledijo velike hidroelektrarne, plinske elektrarne in geotermalna energija, na zadnjem mestu so termoelektrarne in nuklearke. Sončno energijo so laiki postavili na prvo mesto, sledijo male hidroelektrarne, nato skupaj izkoriščanje vetra in sežiganje biomase. Na zadnja mesta so uvrstili geotermalno energijo, velike hidroelektrarne, termoelektrarne ter plinske in jedrske elektrarne.

O vplivih vetrnih elektrarne na okolje potekajo burne razprave med zagovorniki oz. investitorji in nasprotniki, največkrat okoljevarstveniki. Po izkušnjah držav, ki vetrno energijo že dobro izkoriščajo, je za odziv lokalnega prebivalstva ključnega pomena način

pristopa velikih investorjev, eventualno solastništvo vetrnih generatorjev, vključevanje v postopke odločanja ipd. Mnenja anketirancev o problematiki vplivov na okolje so precej nasprotujoča. Na vprašanje ali vetrne elektrarne lahko povzročajo nekatere pojave, so bili odgovori obeh skupin podobni, da pojavov, katerih posledice so z zadržkom sprejemljive ali celo nesprejemljive, sploh ni. Torej ostane, da vetrne elektrarne določen pojav sicer povzročajo, a posledice niso hude ali pa so sprejemljive. Kot najbolj nevarne, najslabše so ocenili leteče dele poškodovanih turbin ter leteče kose ledu ob primrznitvah na rotor. Največja razlika v oceni vplivov se je izkazala pri oceni hrupa (0,7) in pobliskavanja, bleščanja turbin (0,5), kjer so bili strokovnjaki bolj strogi.

Zelo podobno je vprašanje, kjer so ocenjevali negativnost oz. pozitivnost vpliva na okolje. Skupno mnenje obeh skupin je, da vpliva, ki bi bil pozitiven ali zelo pozitiven, ni – torej, da so vplivi zelo negativni, negativni ali pa jih sploh ni. Precej podobni odgovori med obema primerjalnima skupinama se najbolj razlikujejo pri vplivih, ki so sicer najbolj ocenjeni – vpliv na potrošnjo »starih, klasičnih« energetskih virov in s tem posledično vpliv na TGP – in na slabo ocenjen vpliv na vidne kakovosti okolja. Nasprotujoči si odgovori na posamezna vprašanja kažejo na splošno nepoznavanje problematike oz. na nepredstavljenost posegov in vplivov na okolje zaradi postavitve, delovanja vetrnih elektrarn.

Smiselnost postavitve vetrnega generatorja je čim višja rentabilnost njegovega delovanja, zato je pričakovanje stalnega obratovanja logično s strani investitorja, ne pa nujno tudi s strani lokalnega prebivalstva oz. drugih uporabnikov prostora. Število ur dnevno, ko bi delovanje vetrnih generatorjev v bližini svojega doma tolerirali, je precej razdelila anketirance. Petina (20 %) vseh vprašanih vetrnega generatorja v bližini doma ne bi dopustila, 15 % je vseeno koliko časa se vrtijo rotorji, 10 % so za 13-18 ur, skoraj tretjina (30 %) za 7-12 ur in 25% za 1-6 ur. Največje odstopanje med skupinama je bilo pri odgovoru »vseeno mi je«, ki ga je obkrožila skoraj tretjina strokovnjakov in nihče od laikov.

Na podlagi fotomontaž so anketiranci ocenjevali vidne vplive oz. vizualno prijetnost, skladnost vetrnih elektrarn z okoljem, kjer so se nekoč vrteli mlini na veter. Posamezne fotomontaže so preverjale različne oblikovalske principe umestitve sodobnih vetrnih elektrarn v prostor: blizu - daleč, veliko – majhno, gosto - redko, na grebenu - pod grebenom, prečno – vzdolžno - razpršeno, enolinijsko - večlinijsko, degradirana območja – naselja – naravno ohranjena območja ipd. Na splošno so si ocene obeh primerjalnih skupin podobne in le redko dosežejo oceno pogojno prijetno (2), le da so strokovnjaki za odtonek bolj kritični. Tudi v tem primeru pa je med posameznimi vprašanji precej nasprotujočih si odgovorov.

Rezultati ankete kažejo, da je več manjših vetrnih generatorjev vizualno prijetnejše od manj velikih. Postavitev vetrnega generatorja pod greben, kjer je vetru izpostavljen le rotor – princip nekdanjih mlinov na veter – je manj vidno neskladen kot postavitev celotnega generatorja na greben. Presenetljivo in v nasprotju s podobnimi anketami v svetu je

mnenje, da je linija vetrnih generatorjev, ki sledi grebenu manj prijetna od razpršeno postavljene vetrne elektrarne. Vetrne elektrarne, postavljene v degradirana območja (kamnolom), lahko celo povečajo prijetnost, čustveno ugodje doživljanja takega prostora. Vizualno najbolj prijetna so enolinjska vetrna polja, ki jih opazujemo od daleč, sledijo večlinijska polja, a zopet opazovana od daleč. Z bližanjem opazovalcu se manjša vizualna skladnost večlinijske vetrne elektrarne. Postavitev vetrnega generatorja pod greben, v neposredno bližino vasi, je skladnejša od grebenske postavitve nad vasjo; čeprav je v vasi opazovana iz neposredne bližine. Zdi se, da v razmerju bližina ali greben prevlada bližina, čeprav se je bližina v predhodnem vprašanju izkazala za manj prijetno. Zaradi bližine opazovanja se vidi le steber enega samega vetrnega generatorja, ne pa tudi ostalih. Tu prihaja do navzkrižja s predhodno odločitvijo, da je več manjših turbin vizualno prijetnejše od manj večjih. Med variantami postavitve vetrne elektrarne vzdolž, prečno ali razpršeno ob prometnico, je prečna najbolj prijetna. Najbrž ima tudi tu zopet prevladujočo vlogo oddaljenost turbin, ki jih tako od daleč zaobjamemo v vsej njihovi veličini, ne le podnožja v neposredni bližini opazovanja.

Če je vetrni generator nekaj novega, pa je klopotec v naših krajih že dolgo prisoten in poznan. A primerjava vinograda s klopotci in brez njih, da presenetljivo ugotovitev – vizualno privlačnejši je vinograd brez klopotcev. Lahko, da je tak rezultat posledica pretiravanja s klopotci, saj so bili v fotomontažo nameščeni kar trije. Primerjava sprejemljivosti posameznih naprav za izkoriščanje vetra pokaže, da je klopotec precej sprejemljiv, mlin na veter je sprejemljiv, vetrni generator pa le malo sprejemljiva.

Ena izmed osnovnih tez, ki so jo rezultati ankete zavrnila je, da so najbolj primerne lokacije vetrnih elektrarn tiste, ki asociirajo na že videne. Te variante – elektrarne v morju in vzdolž morskih, rečnih obal, ki v svetu proizvedejo največ električne energije, so pristale na sredini lestvice primernih lokacij. Med šestnajstimi možnimi tipi območij so se anketiranci namreč soglasno odločili za postavitev vetrnih generatorjev v industrijska območja. Sledijo potencialne lokacije vetrnih elektrarn vzdolž prometnih infrastruktur, nato na ravnini ali v gričevju. V območja varovanja kulturne dediščine, naselja in v območja varovanja naravne dediščine pa vetrne elektrarne ne sodijo, menijo anketiranci. Konkretnije – anketiranci menijo, da bi se vetrne elektrarne najbolj prijetno, skladno vključile v okolje Slovenske Istre in Prekmurja. Mnenje, da takih območij v Sloveniji sploh ni, je zasedlo tretje mesto. Nadalje vprašani predlagajo Goriško in Štajersko, medtem ko so Gorenjsko in Koroško uvrstili na zadnji mesti. Odgovori na ti dve zadnji vprašanji so si precej nasprotujoči; lahko bi jih ponazorili tudi kot razkorak med splošnim in konkretnim – oz. konkretnimi postavitvami v slovenski prostor. Prvi asociaciji na besedno zvezo Slovenska Istra sta morje in obala, torej območji, ki so ju anketiranci uvrstili šele v sredino lestvice primernosti za vetrne elektrarne. Hribovje in hribi nad gozdno mejo so v prvi polovici območij, primernih za vetrne elektrarne, a sta Gorenjska in Koroška na zadnjih mestih, kjer bi se vetrne elektrarne najbolj prijetno, skladno vključile v okolje.

Neskladja med odgovori na vprašanja najbrž izhajajo iz splošnega nepoznavanja tehnologije vetrnih elektrarn. Med vsemi anketiranci sta le dva, iz t.i. skupine laikov, ki

vetrne generatorje že poznata in si jih ponovno ne bi več ogledala. Skoraj petine vprašanih vetrne elektrarne ne zanimajo in si ji zato sploh ne bi ogledali. Dobra polovica bi se le enkrat odpeljala dobrih 100 km daleč, da bi si jih lahko ogledala od blizu, dobra petina pa bi si večkrat organizirala izlet – ogled turbin na polovico krajši razdalji. V redkih odgovorih je bila razlika med primerjalnima skupinama tako očitna. Zdi se, da so anketiranci, ki se poklicno ukvarjajo s prostorom, precej ravnodušni do spoznavanja vetrne tehnologije, čeprav povzroča precejšnje vplive na okolje. Glede na odgovore ostalih vprašanih, kjer razlika med primerjalnima skupinama ni bila velika, se zdi, da je bila primerjalna skupina »strokovnjakov« napačno izbrana. Lahko, da bi energetski strokovnjaki, ki naj bi bili z vetrno tehnologijo bolje seznanjeni, sestavljali primernejšo primerjalno skupino. A kdo lahko bolje vrednoti vidne vplive na okolje kot strokovnjaki s področja urejanja okolja?

Najpomembnejši kriterij primernosti prostora za vetrne elektrarne je po mnenju anketirancev oddaljenost od naselij, sledi mu hitrost vetra, šele nato je videz oz. vidno vključevanje v prostor. Najmanj pomembna sta oddaljenost od obstoječih cest in daljnovodov. Prostorski strokovnjaki so sicer na drugo mesto rangirali vidne vplive, nato hitrost vetra. Mogoče vprašanje ni bilo dobro zastavljeno, saj oddaljenosti ni bolje definiralo v smislu, kaj naj bo blizu in kaj naj bo daleč. Poraja se namreč dilema ali naj bodo vetrne elektrarne blizu ali daleč od naselij, blizu ali daleč od obstoječih cest oz. blizu ali daleč od obstoječih daljnovodov. Nedvoumen odgovor na to je v predhodnem vprašanju (vprašanje 26) o sprejemljivost vetrnih elektrarn v različnih krajinskih tipih. Vetrne elektrarne so najbolj sprejemljive v industrijskih območjih in vzdolž prometnih infrastruktur, na predzadnjem mestu vidnega vključevanja pa so lokacije v naseljenih območjih.

Rezultati ankete delno potrjujejo delovno hipotezo. Vedno več ljudi vseh starosti, izobrazbe in poklicev se zaveda globalnih okoljskih in energetskih težav. A vendar naj se rešitve iščejo drugje, »ne pri meni doma« (NIMBY - »Not in my backyard«). Anketiranci uvrščajo izrabo vetra v energetske namene visoko na lestvico, precej nad vire, ki jih v Sloveniji v tem trenutku najbolj izkoriščamo (velike hidroelektrarne, termoelektrarne in nuklearka). Čeprav so vetrni generatorji nadgradnja tehnologije izkoriščanja vetra, ki je pri nas že bila prisotna, se v nasprotju z njimi vizualno ne vklapljajo v okolje, ampak ga močno degradirajo. Anketiranci sicer menijo, da vetrni generatorji povzročajo določene vplive na naravno okolje, a ti niso tako močno nesprejemljivi kot vidni vplivi na okolje. V nasprotju s pričakovanji pa so rezultati ankete zavrnil eno izmed osnovnih tez, da so najbolj primerne lokacije vetrnih elektrarn tiste, ki asociirajo na že videne - v morju in vzdolž morskih, rečnih obal. Lahko da je vzrok temu nezmožnost odklopa takojšnjih asociacij na določen tip krajine v povezavi z vetrnimi generatorji – torej, da anketiranci ob misli na morje, obalo takoj pomislijo na 42 km slovenske obale, ki praktično nima prostora, kjer potencialne vetrne elektrarne ne bi prihajale v konflikt z že obstoječo dejavnostjo.

7 RAZPRAVA IN SKLEPI

7.1 RAZPRAVA

Zaradi aktualnosti problematike postavitve vetrnih elektrarn je bilo v svetu, zlasti v državah, vodilnih na tem področju, izvedenih kar nekaj javno mnenjskih anket, kot na primer: DTI, 2003, *Attitudes and Knowledge of Renewable Energy amongst the General Public - Report of Findings*; Grady, 2002, *Public Attitudes Towards Wind Energy in Western North Carolina: A Systematic Survey*; Grady in Cousino, 2004, *Public Attitudes Towards Wind Energy in Coastal North Carolina: A Systematic Survey*; Wind Focus, 2003, *Focus on Public Opinion - A Summary of Opinion Surveys on Wind Power*; Huemer, 2003, *Energy: Issues, Options and Technologies Science and Society*; Hohmeyer, 2003, *Wind Energy the Facts – Environment – Vol. 4*. Pri nas je bila zaenkrat najobsežnejša anketna raziskava izvedena v sklopu »Analize prostorskih potencialov na Primorskem za postavitev vetrnih elektrarn« (Brečevič, 2001).

Zahteve kjotskega protokola so znane 75% anketirancem te ankete in 85 % jih meni, da je njihovo uresničevanje potrebno. Podobno tudi kar 88 % Evropejcev (Huemer, 2003: 54) smatra globalno segrevanje ozračja in klimatske spremembe za resen problem, ki zahteva takojšnje ukrepanje.

Anketiranci so mnenja, da so obnovljivi viri precej primernejša oblika pridobivanja električne energije kot konvencionalni, fosilni. Grady (2002: 7) ugotavlja, da je najprimernejša izraba sončne energije (85,3 %), vetra (75,3 %) in vodne energije (72,8 %). Manj primerna pa sta jedrska energija (32,5 %) in energija termoelektrarn (22,5 %). V enakem vrstnem redu primernosti so energetske viri tudi po anketi iz leta 2004 (Grady in Cousino, 2004: 8). Po rezultatih švedske ankete (Wind Focus, 2003: 32) je za doseganje večje samooskrbe z elektriko treba zgraditi vetrne elektrarne (64 %), HE (39 %), elektrarne na biomaso (36 %), nuklearke (25 %) in TE (2 %). Danci (Hohmeyer, 2003: 197) želijo pridobivati elektriko iz lastnih vetrnih elektrarn (59 %), iz sonca (48 %), plina in biomase (47 %), uvožene elektrike, pridobljene iz vetrnih elektrarn (20 %), iz jedrskih elektrarn, nafte in premoga (po 5 %).

Anketiranci v Sloveniji so podobnega mnenja (Brečevič, 2001: 4), saj menijo, da so najprimernejše sončna energija (4,1), energija vode (velike HE 3,9 in male HE 3,8) in energija vetra (3,6). Najmanj primerni pa sta energija iz termoelektrarn (2,25) in nukleark (2,16). Rezultati ankete, izvedene v okviru te diplomske naloge so dali podobne rezultate. Najprimernejša je sončna energija (3,6), male HE (3,45), sledijo vetrne elektrarne in energija iz biomase (obe 3,1), ter velike HE in geotermalna energija (obe 2,65). Najmanj primerna vira pridobivanja elektrike sta termoelektrarne (2,05) in jedrske elektrarne (1,5).

Anketiranci iz diplomske ankete menijo, da so kot najnevarnejši vplivi vetrnih elektrarn, kjer so posledice sprejemljive z zadržkom, »leteči« deli vetrnih generatorjev v primeru

poškodbe samih vetrnih generatorjev (3,1). Sledijo »leteči« kosi ledu ob primrznitvah vode na lopatice rotorja (2,85) in hrup (2,55). Gipe (2006) je ugotovil, da je v zadnji 30 letih (1975 – feb. 2006) v povezavi z vetrnimi elektrarnami na svetu umrlo 32 ljudi, kar pomeni smrtnost 0,032/ TWh. Nobene smrti niti poškodbe ljudi niso povzročili »leteči« deli vetrnih generatorjev. Znanih je le nekaj primerov iz Danske in Nemčije, ko so odpadle posamezne lopatice rotorja in povzročile le materialno škodo. Več kot 90 % smrtnih nesreč se je zgodilo med delavci v času gradnje, vzdrževanja ali popravila vetrnega generatorja. Med ostalimi uporabniki prostora se je zgodilo manj kot 10 % smrtnih nesreč (jadralna padalka se je na prvem samostojnem poletu zapletla v delujoč rotor, pilot motornega letala se je zapletel v žice meteorološkega stolpa, ki je bil postavljen en mesec pred nesrečo).

Na Škotskem (Hohmeyer, 2003: 195) so primerjali rezultate anket pred in po zgraditvi vetrnih elektrarn. Izkazalo se je, da so ocene možnih vplivov precej večje pred začetkom obratovanja vetrne elektrarne kot po izgradnji. Hrup vetrnih elektrarn se je pred začetkom obratovanja zdel nesprejemljiv 12 % anketirancem, nato pa le še 2 %. Uničenje krajinske slike zaradi neskladja vetrnih elektrarn z okoljem se je zdelo pred izgradnjo problematično 27 % vprašanih, kasneje, med obratovanjem le še 12 %. Anketa izvedena na območju celotne Velike Britanije (DTI, 2003: 70) je pokazala, da so nad hrupnostjo vetrnih elektrarn in njihovim vidnim vplivom na krajino bolj zaskrbljeni tisti anketiranci, ki ne živijo v bližini vetrnih elektrarn in prostor, ki ga te zasedajo, uporabljajo le za svojo sprostitvev in rekreacijo.

Slovenci (Brečević, 2001: 13) kot srednje pomembna vpliva vetrnih elektrarn ocenjujejo vpliv na vidno okolje (30,7) in na ptice (3,03). Drugi vplivi so manj pomembni, sledijo pa hrup (2,5), motnja drugih rab (2,4) in elektromagnetno sevanje (2,2), medtem ko je vpliv na vode zanemarljiv (1,4).

Anketiranci iz diplomske naloge menijo, da vpliva vetrnih elektrarn, ki bi bil pozitiven ali zelo pozitiven za okolje, ni. Temu se najbolj približa vpliv na potrošnjo »starih, klasičnih« energetske virov (3,75), sledi vpliv na pline, ki segrevajo ozračje (3,55), vpliv na vode (3,15). Najbolj negativen (1,95) je vpliv na ptice, nato vpliv na vidne kakovosti okolja (2,05), vpliv na druge živali (2,25). Ocena vpliva na turizem in rekreacijo (2,5) je ravno na polovici med negativno oceno in pa da vpliva sploh ni. V anketi, izvedeni med turisti na Škotskem (Wind Focus, 2003: 31) pa so ugotovili, da turistov vetrne elektrarne ne odbijajo od obiska, saj se jih več kot 90 % vrača v izbrane kraje, 80 % jih meni, da so vetrne elektrarne potrebne in koristne. Tudi obiskovalci španske pokrajine Navarra (Wind Focus, 2003: 31) menijo, da so vetrne elektrarne znak napredka (82 %) in ne pomenijo vizualne motnje. Podoben odgovor so podali tudi obiskovalci nemške pokrajine Schleswig-Holstein (Hohmeyer, 2003: 197), ki se zavedajo naraščanja vetrnih elektrarn v pokrajini, a to ne vpliva na njihovo »turistično« obnašanje in izbiro kraja izleta.

Iz anket po svetu (Gipe, 1995, Grady, 2002: 11, Grady in Cousino, 2004: 9) izhaja ugotovitev, da ljudje lažje sprejmejo vetrne elektrarne v svojo okolje, če so te produktivne, če se stalno vrtijo in proizvajajo elektriko. A nihče od anketirancev te diplomske ankete ne

bi toleriral vetrne elektrarne v bližini doma, če bi obratovala 19-24 h dnevno. Le slaba tretjina (30 %) bi dopustila 7-12 h, 25 % bi jih dopustilo le minimalno obdobje 1-6 h. Popolnoma vseeno koliko časa bi se vrteli vetrni generatorji je 15 % anketirancev, kar petina (20 %) pa v svoji bližini sploh ne bi tolerirala vetrnih elektrarn. Skoraj polovica vprašanih torej sploh ne bi dopustila ali pa le minimalno časovno, manj kot četrtno dneva, obratovanje vetrnih elektrarn v bližini njihovih domov. To najbrž lahko označimo kot NIMBY sindrom, ki je prisoten tudi drugod v svetu (Gipe, 2000), a v območjih, kjer so vetrne elektrarne že dalj časa prisotne počasi izginja. Opazne so namreč pozitivne spremembe v odnosu javnosti (Wind focus, 2003: 31, Hohmeyer, 2003: 197, DTI, 2003: 59-63) do vetrnih elektrarn povsod tam, kjer te uspešno že obratujejo - Nemčija, Danska, Nizozemska, Velika Britanija, Španija, posamezne države ZDA.

Na zahodu, v gorati Severni Karolini, v ZDA (Grady, 2002: 8) menijo, da so najprimernejše lokacije posameznih vetrnih generatorje na zemljiščih njihovih lastnikov, »javne« vetrne elektrarne pa naj se pridružijo obstoječim komunikacijskim stolpom v prostoru, naj bodo postavljene v gručah na grebenih, sedlih, lahko so v bližini domov anketirancev in nazadnje v gozdovih nacionalnega pomena. Anketirani v priobalnih krajih Severne Karoline (Grady in Cousino, 2004: 9) pa podpirajo lokacije na zemljiščih lastnikov posameznih privatnih vetrnih generatorjev, na kopnem v gručah, v bližini obstoječih komunikacijskih stolpov, v gručah v morju, v vidnem območju domov anketirancev, v gručah v morskih ožinah oz. rokavih in najmanj v nacionalnih gozdovih.

O sprejemljivosti vetrnih elektrarn v posameznih krajinskih tipih sta spraševali tudi obe slovenski anketi. Pri Brečeviču so anketiranci izbirali med 8 možnimi odgovori, v diplomski anketi pa med 16, kar je najbrž tudi vzrok razhajanja dobljenih rezultatov. Razlikujejo se ne le v vrstnem redu, temveč tudi v sami oceni sprejemljivosti posameznega krajinskega tipa. Najbolj sprejemljive so (Brečevič, 2001: 13) v hribih nad gozdno mejo (3,4), na kmetijskih zemljiščih (3,1), na vidno izpostavljenih območjih (2,8). Anketiranci v okviru te diplome menijo, da so najbolj sprejemljive vetrne elektrarne v industrijski območjih (3,25), vzdolž prometnih infrastruktur (2,65), na ravnini ali gričevju (2,5), v hribovju (2,1). Skupno mnenje vseh anketirancev je, da so vetrne elektrarne najmanj sprejemljive v območjih varovanja kulturne in naravne dediščine.

Pri Brečeviču (2001) so anketiranci v nadaljevanju ocenjevali skladnost, zanimivost, naravnost, domačnost in lepoto prizorišč na podlagi 26 fotografij in fotomontaž z vetrnimi elektrarnami v različnih krajinskih tipih Slovenije in tujine. Kot najbolj skladne so se izkazale vetrne elektrarne v morju in na obalah, kar je lahko posledica asociacij na že videno – to so namreč ene najbolj pogostih lokacij v državah z razvitimi vetrnimi elektrarnami. V diplomski anketi sta se ti območju uvrstili na sredino lestvice primernih, čeprav anketiranci hkrati menijo, da bi se vetrne elektrarne najbolj prijetno, skladno vključile v okolje Slovenske Istre.

Preglednica 27: Primerjava sprejemljivosti vetrnih elektrarn v različnih krajinskih tipih

Krajinski tip	Diplomska anketa	Brečevič, 2001
V industrijskih območjih	3,25	/
Vzdolž prometnih infrastruktur	2,65	/
Na ravnini	2,50	/
V gričevju	2,50	/
V hribovju	2,10	/
Na travnikih, pašnikih	2,00	/
Vzdolž morskih, rečnih obal	2,00	/
V hribih nad gozdno mejo	1,95	3,4
V morju	1,95	/
Na vidnih, izpostavljenih legah	1,80	2,8
V gozdu	1,75	2,5
Na kmetijskih zemljiščih (njive, polja)	1,60	3,1
V rekreacijsko pomembnih območjih	1,60	2,6
V območjih varovanja naravne dediščine	1,45	1,7
V naseljenih območjih	1,40	2,3
V območjih oz. bližini objektov kulturne dediščine	1,35	1,8
Drugo: /	/	/

V diplomski anketi so vprašani ocenjevali skladnost tudi na podlagi osmih sklopov fotografij in fotomontaž vetrnih elektrarn na obravnavanem območju SV Slovenije. Najbolje bi se vključile v degradirana industrijska območja in prečno na prometnice, podobno kot so pri Brečeviču (2001: 12) »...najbolj sprejemljive v urbaniziranih oziroma industrijskih okoljih«. Nadalje ugotavlja, da »...so vetrnice, tudi v večjem številu, sprejemljivejše od daleč, medtem ko neposredna bližina zbuja več negativnih odzivov.« Ravno tako sta v diplomski anketi najbolje ocenjeni enolinijsko in dvolinijsko polje vetrne elektrarne, oboje opazovano od daleč. Takoj, ko se pojavi vetrno polje tik pred opazovalcem, se zmanjša vizualno skladnost prizorišča.

Odgovor na »...vprašanje ena ali mnogo ...ni tako jasen« pri Brečeviču (2001: 12), v diplomski anketi pa so anketiranci kot skladnejšo ocenili »grebensko« varianto z več manjšimi vetrnimi generatorji namesto z manj večjimi.

A jasnost zaključkov onemogoča izbor skladnejšega prizorišča v vprašanju 22, saj negira nekaj ostalih. Tu so anketiranci namreč za skladnejšo ocenili varianto, kjer posamezni vetrni generator stoji tik ob robu vas, v prvem planu opazovanja, namesto linije treh vetrnih generatorjev na grebenu nad vasjo, malo bolj oddaljene od točke opazovanja.

Anketiranci iz diplome so kot prijetnejšo ocenili postavitev nosilnih stebrov vetrne elektrarne pod greben, nad njim je vetru izpostavljen le rotor. Po istem principu so nekoč v

teh krajih postavljali tudi vetrne mline. A po Nielsenu (1996) in Stantonovi (1996) bi lahko to smatrali za skrivanje, zakrivanje pred možnimi pogledi. Oba avtorja tudi poudarjata, da je za vizualno skladnost vetrne elektrarne treba vzdrževati prostorski red, kjer so elementi jasni, preprosti in se ritmično, logično ponavljajo. Pa vendar so anketiranci te diplome kot skladnejšo ocenili vetrno elektrarno, ki izkorišča mikrolokacijske danosti in zato deluje neurejeno, razmetano po prostoru, brez logičnega oblikovalskega principa, kot pa tisto, ki sledi grebenu in so vetrni generatorji v enakomernih presledkih. Iz poznavanja rezultatov ostalih anket (Wind focus, 2003: 31, Hohmeyer, 2003: 197, Grady, 2002: 8, Grady in Cousino, 2004: 9) bi to lahko razlagali kot privrženost postavitve posameznih privatnih vetrnih generatorjev na zemljišče njihovih lastnikov.

7.2 SKLEPI

Osnovni tehnološki princip delovanja nekdanjih mlinov na veter in sodobnih vetrnih elektrarn je v bistvu ostal enak. Gre za zajem kinetične energije vetra z lopaticami rotorja in njeno pretvorbo v druge oblike. Razlike med obema dejavnostma izhajajo ravno iz razlike v načinu pretvorbe energije in njenemu pomenu za končnega uporabnika. Vetrne elektrarne sicer so nadgradnja mlinov na veter, a vendar se močno razlikujejo tudi v dimenzijah in teži.

Iz teh razlik izhajajo tudi razlike v kriterijih privlačnosti in ranljivosti prostora za umeščanje posamezne tehnologije izkoriščanja vetra v prostor. Ogroženost, ranljivost okolja zaradi izgradnje in delovanja vetrnih elektrarn je precej večja kot za mline na veter. Precejšen je tudi vpliv vetrnih elektrarn na vidne kakovosti okolja. Anketiranci so posnetke oz. fotomontaže z vetrnimi elektrarnami ocenili kot neprijetne, neskladne oz. pogojno prijetne in pogojno skladne. Po njihovem mnenju so v naših krajih najbolj sprejemljivi klopotci, sledijo stari mlini na veter in nazadnje sodobni vetrni generatorji oz. vetrne elektrarne.

Lokacij nekdanjih mlinov na veter ni mogoče natančno določiti, saj niso zavedeni v starih katastrih. O njihovem obstoju govori le nekaj starih knjig, kjer je lokacija omejena na posamezen kraj, vas, kjer so stali, ne pa na konkretna zemljišča. Zaradi kasnejšega spreminjanja ali ponavljanja krajevnih imen ter s spreminjanjem parcelnih meja (dedovanje, dota, združevanje ipd.) je iskanje prvotnih prostorov postalo še težje.

V nalogi predstavljena anketa sicer ni bila izvedena na dovolj velikem vzorcu, a vseeno pokaže na odnos strokovne in laične javnosti do pojava vetrnih elektrarn v našem okolju. Ljudje se zavedajo okoljevarstvenih problemov, globalnega segrevanja ozračja zaradi emisij TGP, iztrošenosti fosilni goriv ipd. Poznajo tudi možne scenarije reševanja teh težav, a njihovo uresničevanje naj gre po principu NIMBY (»Not in my backyard - Ne pri meni doma«). Z današnjo tehnologijo izkoriščanja vetra niso dobro seznanjeni.

Za morebitne vplive na okolje enkrat menijo, da so zelo negativni, negativni ali pa jih sploh ni, drugič pa, da pojavov, katerih posledice so z zadržkom sprejemljive ali celo nesprejemljive sploh ni. Vendar pa precej enotno ocenjujejo vidne vplive na okolje – menijo, da bi vetrne elektrarne povzročile močno degradacijo okolja, znižale ugodnosti pri čustvenem doživljanju krajine, torej, da so vetrne elektrarne neskladne z okoljem in vizualno neprijetne. Kot take vetrne elektrarne ne sodijo v varovalna območja naravne ali kulturne dediščine in v bližino naselij. S premišljeno umestitvijo v že degradiran prostor, vzdolž prometnih infrastruktur lahko celo povečajo prijetnost, čustveno ugodje doživljanja takega prostora. V svetu največkrat videne lokacije v morju, vzdolž morskih obal ali na obširnih planotah se ne zdijo nič bolj primerne za vetrne elektrarne kot drugi tipi krajin.

Na podlagi kriterijev privlačnosti prostora za vetrne elektrarne, analize ranljivosti okolja in predvsem rezultatov ankete o vidnem vplivu na okolje izhaja, da v SV Sloveniji ni območij, primernih za rentabilno izkoriščanje vetra. Z vidika sodobnih vetrnih elektrarn je obravnavano območje slabo prevetreno. Vetrne turbine bi se sicer lahko vrtele, a daleč pod rentabilno mejo, pod polnim izkoristkom. Zaradi nezanesljive oskrbe s tako električno energijo, je za nemoteno delovanje elektroenergetskega omrežja treba dodatno napajanje v obliki drugih virov, bodisi konvencionalnih ali ostalih alternativnih. Stroški izgradnje in vzdrževanja take vetrne elektrarne bi bili družbeno nesprejemljivi, zlasti upoštevajoč enotno mnenje anketirancev, da so vetrne turbine povzročajo močno degradacijo okolja. Naloga zato ne ponuja detaljnije opredelitev možnih lokacij vetrnih elektrarn v SV Sloveniji in njihovo vključitev v nacionalni nivo iskanja ustreznih prostorov.

V prizadevanjih za izpolnitev obveznosti kjotskega protokola bo v Sloveniji treba poiskati druge alternativne vire energije. Čeprav je trend izkoriščanja vetrne energije v močnem vzponu, zlasti v Z in S Evropi, bo treba priznati, da v Sloveniji ni izpolnjen osnovni kriterij, to je primeren veter. Z razvojem tehnologije bodo vetrne turbine postajale vedno močnejše, z vedno večjimi rotorji na vedno višjih stebrih. Hkrati bodo najbrž potrebne vedno nižje hitrosti vetra za zagon, a nazivna moč, najboljši izkoristek bo še vedno pri nekajkrat višjih hitrostih, okrog 15 m/s. Tako se morebitne »v kjotskem duhu izsiljene« vetrne elektrarne v Sloveniji ne bodo vrtele s polno močjo, za vključitev v nacionalno energetske omrežje bodo preveč nezanesljive, le minimalno se bodo zmanjšale emisije TGP plinov. Pri tem bodo povzročeni vplivi na okolje nezanemarljivi, zlasti vidni vpliv na krajinsko sliko pa nesprejemljiv.

8 VIRI

8.1 CITIRANI VIRI

5 M. 2006.

<http://www.repower5m.de>(12. feb. 2006)

AURE. 2005. Obnovljivi viri energije na Kokrškem sedlu.

<http://www.aure.si/index.php?MenuID=276&MenuType=C&lang=SLO&navigacija=on>
 (04. maj 2006)

Baš F. 1928. Vetrenjače u Sloveniji. Glasnik etnografskog muzeja u Beogradu III, Beograd: 13 str.

Belaj V. 1970. O starosti slovenskih mlinov na veter. Slovenski etnograf, 21/22: 101-102

Bertalanič R. 2004. Letno poročilo: Projekt vetrne razmere v Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje: 4 str.

Bogataj J. 1989. Domače obrti na Slovenskem. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 245 str.

Brečevič D., Marušič J., Golobič M. 2001. Analiza prostorskih potencialov na Primorskem – privlačnost in ranljivost prostora. Ljubljana: 45 str.

Bell P. J., Clark R. W., Clow A. 1969. Tehnika – človek preoblikuje svet. V: Sodobna ilustrirana enciklopedija. Ljubljana, Mladinska knjiga: 386 str.

Danish Wind Industry Association. 2003.

<http://www.windpower.org/en> (28. maj 2006)

Dolar M. 1999. Značilnosti vetra v severovzhodni Sloveniji. Ljubljana, Hidrometeorološki zavod RS: 26 str.

DTI. 2003. Attitudes and Knowledge of Renewable Energy amongst the General Public - Report of Findings. London, Department of Trade and Industry, Open Government and Data Protection Unit: 97 str.

http://www.dti.gov.uk/renewables/policy_pdfs/nationalreport.pdf (26. apr. 2006)

Energetski zakon (uradno prečiščeno besedilo). Ur. l. RS št. 26-891/05

Energija za jutrišnji svet – sedanje stanje, možnosti in poti do uresničenja. 1994. Ljubljana, Slovenski nacionalni komite Svetovnega energetskega sveta: 292 str.

- Erickson W.P., Johnson G. D., Strickland M. D. 2001. Avian Collisions with Wind Turbines: A Summary of Existing Studies and Comparisons to Other Sources of Avian Collision Mortality in the United States. Washington, D.C., National Wind Coordinating Committee: 62 str.
http://www.west-inc.com/reports/avian_collisions.pdf (01. maj 2006)
- EWEA – The European Wind Energy Association. 2006.
<http://www.ewea.org> (26. maj 2006)
- Gerjevič M. 1997a. AMP – obdelava vetrovnih podatkov AMP postaj z WASP-om. Ljubljana, Hidrometeorološki zavod RS: 33 str.
- Gerjevič M. 1997b. Značilnosti vetra na slovenskem – obdelava podatkov z WASP-om. Ljubljana, Hidrometeorološki zavod RS: 19 str.
- Gerjevič M. 1997c. Rogla – obdelava vetrovnih podatkov z WASP-om. Ljubljana, Hidrometeorološki zavod RS: 15 str.
- Gerjevič M. 1997d. Vetrovne turbine – Izračun letne proizvodnje električne energije z WASP-om iz različnih vetrovnih turbin. Ljubljana, Hidrometeorološki zavod RS: 15 str.
- Gipe P. 1995. Design as if People Matter: Aesthetic Guidelines for the Wind Industry. American Wind Energy Association Conference. Washington, DC (30. mar. 1995)
<http://www.wind-works.org/articles/design.html> (26. apr. 2006)
- Gipe P. 2000. Tilting at Windmills: Public Opinion Toward Wind Energy.
<http://www.wind-works.org/articles/tilting.html> (26. apr. 2006)
- Gipe P. 2006. Wind Energy – The Breath of Life or the Kiss of Death: Contemporary Wind Mortality Rates. (06.feb. 2006)
<http://wind-works.org/articles/BreathLife.html> (25. apr. 2006)
- Grady D. O. 2002. Public Attitudes Towards Wind Energy in Western North Carolina: A Systematic Survey. The 2002 NC Wind Summit, Boone NC, 09.12.2002. Broyhill Inn and Conference Center Appalachian State University: 18 str.
http://www.energy.appstate.edu/docs/wnc_pubsurvey.pdf (26. apr. 2006)
- Grady D. O., Cousino K. A. 2004. Public Attitudes Towards Wind Energy in Coastal North Carolina: A Systematic Survey. North Carolina Energy Policy Council, 26.02.2004, NC State Energy Office: 27 str.
http://www.energy.appstate.edu/docs/enc_pubsurvey.pdf (26. apr. 2006)

- Hohmeyer O. 2003. Wind Energy the Facts – Environment – Vol. 4. Brussels, The European Wind Energy Association: 143-200
http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/WETF/Fact_Volume_4.pdf (22. jan. 2006)
- Huemer M. 2003. Energy: Issues, Options and Technologies Science and Society. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities: 113 str.
http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/policy/external_document_s/0212_eurobarometer_technology_options.pdf (22.apr. 2006)
- Javornik M. 1989. V: Enciklopedija Slovenije – 3. zvezek (Eg-Hab). Ljubljana, Mladinska knjiga: 416 str.
- Jungbauer A. 1998. Windenergienutzung in einem regenerativen Energiesystem. Diplomarbeit, Technische Universität Graz, Graz: 255 str.
<http://elite.tugraz.at/diplomarbeiten/Jungbauer> (14. maj 2001)
- Kranjc A. 2000. Obveznosti in aktivnosti Slovenije v zvezi s kjotskim protokolom. V: Učinkovito z energijo. Ljubljana, Agencija RS za učinkovito rabo energije pri Ministrstvu za gospodarske dejavnosti: 4-6
- Marušič I. 1982. Krajinsko in ekološko vrednotenje prostora in optimizacija zazidalnih predlogov za industrijsko cono v Sežani. Zaključno poročilo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Katedra za krajinsko arhitekturo: 51 str.
- Marušič I. 1999. Teze posvetovanja. V: Male vodne elektrarne kot prostorsko ureditveni in naravovarstveni problem v slovenskem prostoru, Ljubljana, 17.12.1996. Zbornik strokovnega posvetovanja, Marušič J. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko planiranje: 1
- Medved S., Novak P. 2000. Varstvo okolja in obnovljivi viri energije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo: 231 str.
- Mirkovič P. 2006a. Na primorskem piha. In to je dobro. Moj dom, 11, 118: 14-15
- Mirkovič P. 2006b. Vetrnica na Kokrškem sedlu. Moj dom, 11, 119: 9
- Murko V. 1985. Resslovi načrti za izkoriščanje vetrne energije. V: Zbornik za zgodovino naravoslovja in tehnike, 8: 81-99 str.
- Nielsen F. B. 1996. Wind Turbines & the Landscape: Architecture & Aesthetics. Arhus C, Denmark. Birk Nielsens Tegnesteue: 63 str.

Nordex – We've got the Power. 2006.

<http://www.nordex-online.com/en>

NWCC (National Wind Coordinatin Comitee). 2004. Wind Turbine Interactions with Birds and Bats: A Summary of Research Results and Remaining Questions. Fact Sheet: Second Edition. Washington, DC. NWCC (National Wind Coordinatin Comitee): 8 str.
www.nationalwind.org/publications/wildlife/wildlife_factsheet.pdf (23. apr. 2006)

Ogrin D. 1989. Slovenske krajine. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 240 str.

Perko D., Orožen Adamič M. 1999. Slovenija – pokrajine in ljudje. 2. izdaja. Ljubljana, Mladinska knjiga: 735 str.

Peters R. 2006. First offshore turbine installed in Germany. Nordex.

http://www.nordex-online.com/_e/presse_und_messen/pressemitteilungen/2006/06_02_02.html (12. feb. 2006)

Podlesnik F. 2000. Projekt vetrnih elektrarn na Primorskem. O&P (Okolje in prostor) bilten, 63, Ljubljana, MOP, Urad RS za prostorsko planiranje.
http://www.gov.si/mop/publikacije/bilteni/arhiv_biltenov/ (12. jan. 2006)

Poslovni dnevnik - STA. 2005. Veljati je začel kjotski protokol. (16. feb. 2006)
<http://poslovni.dnevnik.si/članek.asp?id=112994> (16. feb. 2006)

Pučnik J. 1980. Velika knjiga o vremenu. Ljubljana, Cankarjeva založba: 366 str.

Raynolds M. 1998. Wind Power and Bird Kills. Encompass – Alberta's Magazine on the Environment, 3, 2: 2
<http://www.encompass.org/3-2/wind.htm> (24. apr. 2004)

REPower Systems.

<http://www.repower.de> (12. feb. 2006)

Rojec F. 1900. Razglednica Valentin Vodnik s Koprivnikom.

Sailing »Beyžawej« Team.

<http://www.beyzawej.com> (12. feb. 2005)

Simoneti M. 1995. Vključevanje javnosti v urejanje in vzdrževanje zelenih površin mesta. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Inštitut za krajinsko arhitekturo: 153 str.

Sitar S. 2002. Vetrni mlini. Zbornik za zgodovino naravoslovja in tehnike, 15-16: 25-48

SSKJ - Slovar slovenskega knjižnega jezika. 2005. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 1714 str.

Stanton C. 1996. The Landscape Impact and Visual Design of Windfarms. Edinburgh, School of Landscape Architecture, Edinburgh College of Art: 52 str.

Struna A. 1971. Staro mlinarstvo – drugod in pri nas. Zbornik za zgodovino naravoslovja in tehnike, 1: 105–134

Tavčar Z. 2002. Vetrnica na Stolu. Planinski vestnik, 102,1: 62
http://planinskivestnik.com/arhiv/pv_2002_01.pdf (02.maj 2006)

The Kyoto Protocol. 2006. European Commission (15.02.2006).
<http://europa.eu.int/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/06/74&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en> (16.02.2006)

The World of Wind Atlases – Wind Atlases of the World. 2006. (17. mar. 2006)
<http://www.windatlas.dk>

Uredba o hrupu v naravnem in življenjskem okolju. Ur. l. RS št. 45-2170/95

Uredba o hrupu v naravnem in življenjskem okolju - spremembe in dopolnitve. Ur. l. RS št. 66-3651/96

Valentiny I. 2006. 'UpWind' the Largest Ever EU Founded Wind Energy Research Project Gets Under Way. EWEA (11. apr. 2006).
http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/press_releases/2006/0411-Upwind.pdf (26. apr. 2006)

Vetrni generatorji na daljnovidnih stebrih. 2005.
http://www.npagroup.co.uk/eng_env/wind

Vrhovec T. 2003. Vetrne elektrarne v gorah. Planinski vestnik, 103, 2: 38-44
http://planinskivestnik.com/arhiv/pv_2003_02.pdf (30. jan. 2006)

Wec. 2001. Wind Energy. 2001 Survey of Energy Resources. London, World Energy Council
<http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/wind/wind.asp> (26. apr. 2006)

Wind Focus. 2003. Focus on Public Opinion. A Summary of Opinion Surveys on Wind Power. Wind Directions, Bimonthly Magazine – September/ October 2003: str 16-33
http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/WD/WD22vi_public.pdf (26. apr. 2006)

Wraber T. 1995. Dolgokljunati čapljevec (*Erodium ciconium*/L./L'Her.) prvič ugotovljen tudi v Sloveniji. *Annales – series historia naturalis*, 7: 171-176

Zvonarević M. 1981. Socialna psihologija. 3. dopunjeno izdanje. Zagreb, Školska knjiga: 867 str.

Žagar Z. 1996. Delovno orodje in pripomočki v solinah (odraz stoletnih izkušenj in iznajdljivosti). *Traditiones*, 25,: 139-150

8.2 DRUGI VIRI

1999 Annual Report. 2000 Elektro-Slovenija, d.o.o., Ljubljana: 60 str.

Avsec S. 2001. (Alternativni) viri energije. *Gea*, 11, 4: 12-25

Bertalanč R. 2003. Ocenjevanje energijskega potenciala vetra. Ljubljana, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje: 9 str.

Bronowski J. in sod. 1967. Sodobna ilustrirana enciklopedija. Znanost – kemija, fizika, astronomija. Ljubljana, Mladinska knjiga: 365 str.

Dobesch H., Kury G. 1997. Wind Atlas for the Central European Countries Austria, Croatia, Czech Republic, Hungary, Slovak Republic and Slovenia. Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 16. Wien, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: 105 str.

Dolinar M. 1997. Močni vetrovi v Sloveniji. Ljubljana, Hidrometeorološki zavod RS: 16 str.

Gipe P. 2004. Sobering Altamont Bird Report Issued. Tehachapi, California. Wind-works.org
<http://wind-works.org/articles/NRELBirdReport04.html> (16. mar. 2006)

Green S. 2000. Climate Change: a Tough Business. *Power Engineering International*, Upshire, Penn Well, 8, 11: 14

Kramberger L. 1996. Mlin na veter na Stari gori – zgodovinska znamenitost. V: Glasilo, Zgodovinsko društvo Gornja Radgona, 3, 2: 13-15

Petrovic L. 2000. The greener option. *Power Engineering International*, Volume 8, Issue 11, Upshire, Penn Well: 16-20

Polajnar J. in Jerman J. 2000. Močnejši vetrovi na slovenskih jezerih. *VAL Navtika*, maj – junij 2000, 52: 82-83

Sever V. 2005. Vetrne elektrarne in okolje. *Življenje in tehnika*, VI, 6: 5

Struna A. 1955. Vodni pogoni na Slovenskem. Ljubljana, Knjižnica Titovih zavodov Litostroj: 449 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Janezu Marušiču za potrpežljivo usmerjanje in vodenje pri delu, Alenki Cof za uvajanje v ProVal2000 ter Matjažu in Gregorju za računalniško podporo. Hvala tudi staršem, prijateljem in sorodnikom za dolgoletno moralno vzpodbudo in pomoč.

PRILOGA A: ANKETNI VPRAŠALNIK

VPRAŠALNIK

1. Spol:
1 – ženski 2 – moški
2. Starost: _____ let.
3. Izobrazba:
1 – osnovna šola 4 – višja šola
2 – poklicna šola 5 – visoka šola
3 – srednja šola 6 – več
4. Ali se poklicno ukvarjate z urejanjem prostora?
1 – da 2 – ne
5. V katerem predelu Slovenije ste preživel večino vašega življenja?
1 – Dolenjska 6 – Notranjska
2 – Gorenjska 7 – Prekmurje
3 – Goriška 8 – Primorska
4 – Koroška 9 – Štajerska
5 – Ljubljana z okolico 10 – drugje (*navedite*) _____
6. O čem govori »kyotski protokol«?
1 – o kloniranju ljudi
2 – o ravnanju z odpadki
3 – o zmanjševanju onesnaževanja voda
4 – o zmanjševanju izpusta škodljivih plinov v ozračje
5 – o genetsko spremenjeni prehrani
6 – ne vem
7. Ali menite, da je potrebno izvajanje »kyotskega protokola«?

1 – sploh ne 2 – ne 3 – vseeno je 4 – da 5 – vsekakor da
8. Koliko je, po vašem mnenju, posamezna od naštetih vrst pridobivanja energije primerna za Slovenijo (*v vsaki vrstici označite le eno vrednost*)?

	Ne- primeren	Manj primeren	Srednje primeren	Precej primeren	Zelo primeren
Biomasa – biološki in organski odpadki za pridobivanje energije	1	2	3	4	5
Geotermalna energija	1	2	3	4	5
Hidro elektrarne (velike)	1	2	3	4	5
Male hidro elektrarne	1	2	3	4	5
Jedrske elektrarne	1	2	3	4	5
Plinske elektrarne	1	2	3	4	5
Sončna energija	1	2	3	4	5
Termo elektrarne	1	2	3	4	5
Vetrne elektrarne	1	2	3	4	5
Drugo:	1	2	3	4	5

9. Ali po vašem mnenju vetrne elektrarne lahko povzročajo naslednje pojave (v vsaki vrsti obkrožite oceno, ki najbolj odraža vaše mnenje)?

	Ne povzročajo	Povzročajo, posledice niso hude	Povzročajo, posledice so sprejemljive	Povzročajo, posledice so z zadržkom sprejemljive	Povzročajo, posledice so nesprejemljive
Motnje elektromagnetnih valovanj (radarji, telekomunikacije)	1	2	3	4	5
Hrup	1	2	3	4	5
Privabljanje udara strele	1	2	3	4	5
Elektrifikacija krajev	1	2	3	4	5
»Leteči« deli vetrnih turbin v primeru poškodb vetrnice	1	2	3	4	5
»Leteči« kosi ledu ob primrznitvah vode na lopatice rotorja	1	2	3	4	5
Odpiranje novih delovnih mest	1	2	3	4	5
Pobliskavanje, bleščanje turbin v soncu	1	2	3	4	5

10. Kakšne vplive na okolje, po vašem mnenju, povzročajo vetrne elektrarne (v vrsticah označite le po eno vrednost)?

	Zelo negativen	Negativen	Ni vpliva	Pozitiven	Zelo pozitiven
Elektromagnetno sevanje	1	2	3	4	5
Izgradnja nove infrastrukture (ceste, daljnovodi) za potrebe vetrnih elektrarn	1	2	3	4	5
Osenčenost bližnje okolice turbin	1	2	3	4	5
Vpliv na kmetijstvo in gozdarstvo v prostoru	1	2	3	4	5
Vpliv na turizem in rekreacijo	1	2	3	4	5
Vpliv na ptice	1	2	3	4	5
Vpliv na druge živali	1	2	3	4	5
Vpliv na potrošnjo »starih klasičnih,« energetskih virov (premog, nafta, plin, ipd)	1	2	3	4	5
Vpliv na pline, ki segrevajo ozračje	1	2	3	4	5
Vpliv na tla, na zemljo	1	2	3	4	5
Vpliv na vidne kakovosti okolja	1	2	3	4	5
Vpliv na vode	1	2	3	4	5
Drugo: _____	1	2	3	4	5

11. Če ocenimo vse vplive na okolje, ki jih povzroča neka termoelektrarna s 100, kolikšen je primerjalno delež vplivov na okolje, ki bi jih, po vašem mnenju, povzročala enako močna vetrna elektrarna (*vpišite številko*)?

12. . Koliko ur dnevno naj bi, po vašem mnenju, obratovale vetrne elektrarne da bi dopustili, tolerirali njihovo prisotnost v bližini vašega doma?

1 – 1h – 6h

4 – 19h – 24h

2 – 7h – 12h

5 – vseeno mi je

3 – 13h – 18h

6 – sploh jih ne bi toleriral

13. Kakšnih dimenzij so, po vašem mnenju, poprečne sodobne vetrne turbine?

nosilni steber (višina) _____ m

lopaticice rotorja (dolžina) _____ m

14. V Sloveniji so bila na prelomu iz 19. v 20. stoletje strnjena območja nekaj sto mlinov na veter. Kje, po vašem mnenju, so bila ta območja (*obkrožite številko pred odgovorom; lahko dopišete tudi natančnejšo lokacijo; npr. Pokljuka ipd.*)?

1 – takih območij ni bilo v Sloveniji

7 - Notranjska _____

2 – Dolenjska _____

8 – Prekmurje _____

3 – Gorenjska _____

9 – Sl. Istra _____

4 – Goriška _____

10 – Sl. Gorice _____

5 – Koroška _____

11 – Štajerska _____

6 – Ljubljana z okolico _____

12 - druge (*navedite*) _____

15. Kakšnih dimenzij so bili, po vašem mnenju, nekdanji mlini na veter?

nosilno ohišje (višina) _____ m

lopaticice rotorja (dolžina) _____ m

16. Ali menite, da bi na prostoru, kjer so nekoč stali mlini na veter, danes lahko postavili sodobne vetrne elektrarne?

1 – absolutno da, take lokacije bi morali obravnavati prednostno

2 – da, a take lokacije bi morali obravnavati enakovredno in hkrati z vsemi ostalimi lokacijami

3 – ne, ker se je tehnologija tako spremenila, da ni več »prednosti«

4 – ne vem

17. Na obeh posnetkih so vetrne turbine postavljene na enaki oddaljenosti od opazovalca. Na posnetku B so vetrnice na okrog 50 m visokih stebrih, na posnetku A pa so stebri nižji; merijo le okrog 25 m, vendar pa so vetrnice številčnejše. Koliko je, po vašem mnenju, posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna?

	Sploh ni prijetna	Pogojno prijetna	Še kar prijetna	Precej prijetna	Zelo prijetna
A	1	2	3	4	5
B	1	2	3	4	5

A



B



18. Na posnetku A so vetrnice razporejene po vrhu grebena. Na posnetku B pa stojijo tako, kot so nekoč mlini na veter – nosilno ohišje je postavljeno pod greben, nad njim je vetru izpostavljen le rotor. Koliko je, po vašem mnenju, posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna?

	Sploh ni prijetna	Pogojno prijetna	Še kar prijetna	Precej prijetna	Zelo prijetna
A	1	2	3	4	5
B	1	2	3	4	5

A



B



19. Koliko je, po vašem mnenju, posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna?

	Sploh ni prijetna	Pogojno prijetna	Še kar prijetna	Precej prijetna	Zelo prijetna
A	1	2	3	4	5
B	1	2	3	4	5

A



B



20. Koliko je, po vašem mnenju, posamezna varianta skladna oz. vizualno prijetna?

	Sploh ni prijetna	Pogojno prijetna	Še kar prijetna	Precej prijetna	Zelo prijetna
A	1	2	3	4	5
B	1	2	3	4	5

A



B



21. Koliko je, po vašem mnenju, posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna?

	Sploh ni prijetna	Pogojno prijetna	Še kar prijetna	Precej prijetna	Zelo prijetna
A	1	2	3	4	5
B	1	2	3	4	5
C	1	2	3	4	5
D	1	2	3	4	5

A



C



B



D



22. Koliko je, po vašem mnenju, posamezna varianta vetrnega polja skladna oz. vizualno prijetna?

	Sploh ni prijetna	Pogojno prijetna	Še kar prijetna	Precej prijetna	Zelo prijetna
A	1	2	3	4	5
B	1	2	3	4	5

A



B



23. Koliko je, po vašem mnenju, posamezna varianta (na tej in na naslednji strani) skladna oz. vizualno prijetna?

	Sploh ni prijetna	Pogojno prijetna	Še kar prijetna	Precej prijetna	Zelo prijetna
A	1	2	3	4	5
B	1	2	3	4	5
C	1	2	3	4	5
D	1	2	3	4	5

A



B



C



D



24. Koliko je, po vašem mnenju, posamezna varianta vinograda skladna oz. vizualno prijetna?

	Sploh ni prijetna	Pogojno prijetna	Še kar prijetna	Precej prijetna	Zelo prijetna
A	1	2	3	4	5
B	1	2	3	4	5

A

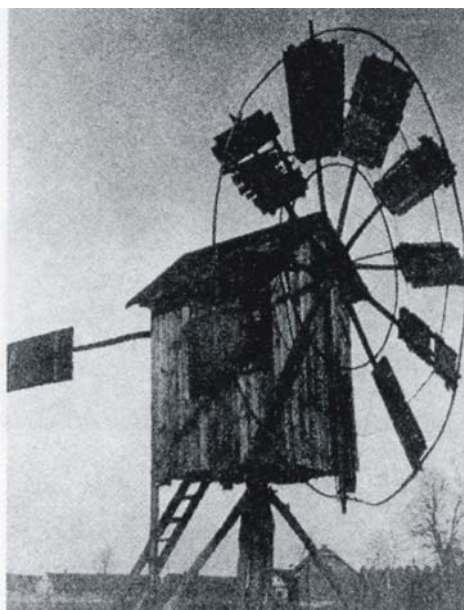


B



25. Kako sprejemljivi so, po vašem mnenju, posamezni objekti za izkoriščanje vetra v našem kulturnem okolju (*v vrsticah označite le po eno vrednost*) ?

	Sploh niso sprejemljivi	Malo sprejemljivi	Sprejemljivi	Precej sprejemljivi	Zelo sprejemljivi
Stari mlini na veter	1	2	3	4	5
Klopotci	1	2	3	4	5
Sodobne vetrne turbine	1	2	3	4	5



stari mlini na veter



klopotci



sodobne vetrne turbine

26. Kako sprejemljive so, po vašem mnenju, vetrne elektrarne na naslednjih območjih (v vrsticah označite le po eno vrednost) ?

	Sploh niso sprejemljive	Malo sprejemljive	Sprejemljive	Precej sprejemljive	Zelo sprejemljive
Na ravnini	1	2	3	4	5
V gričevju	1	2	3	4	5
V hribovju	1	2	3	4	5
V hribih nad gozdno mejo	1	2	3	4	5
Na vidnih, izpostavljenih legah	1	2	3	4	5
Na kmetijskih zemljiščih (njive, polja)	1	2	3	4	5
Na travnikih, pašnikih	1	2	3	4	5
V gozdu	1	2	3	4	5
V industrijskih območjih	1	2	3	4	5
Vzdolž prometnih infrastruktur	1	2	3	4	5
V naseljenih območjih	1	2	3	4	5
V rekreacijsko pomembnih območjih	1	2	3	4	5
V območjih varovanja naravne dediščine (parki različnih kategorij)	1	2	3	4	5
V območjih oz. bližini objektov kulturne dediščine	1	2	3	4	5
V morju	1	2	3	4	5
Vzdolž morskih, rečnih obal	1	2	3	4	5
Drugo: _____	1	2	3	4	5

27. V katerem delu Slovenije bi se, po vašem mnenju, vetrne elektrarne vidno najbolj prijetno, skladno vključile v okolje (obkrožite številko pred odgovorom; lokacijo lahko tudi natančneje določite; npr. Haloze ipd.)?

- 1 – takih območij ni v Sloveniji
- 2 – Dolenjska _____
- 3 – Gorenjska _____
- 4 – Goriška _____
- 5 – Koroška _____
- 6 – Ljubljana z okolico _____

- 7 - Notranjska _____
- 8 – Prekmurje _____
- 9 – Sl. Istra _____
- 10 – Štajerska _____
- 11 – drugje (navedite) _____

28. Kako daleč stran od kraja vašega bivališča bi se bili pripravljeni odpeljati, da bi si od blizu ogledali vetrno elektrarno (*obkrožite odgovor in če ste izbrali odgovor št. 3 ali 4 vpišite še število kilometrov*)?

- 1 – sploh si ne bi ogledal-a vetrne elektrarne, ker me ne zanima
- 2 – vetrne elektrarne že poznam, zato si jih ponovno ne bi več ogledal-a
- 3 – odpeljal-a bi se do _____ km daleč, a le enkrat
- 4 – večkrat bi se odpeljal-a do _____ km daleč

29. Razvrstite po pomembnosti dejavnike, na podlagi katerih bi morali, po vašem mnenju, izbirati lokacije za izgradnjo vetrne elektrarne (*dopišite številke od 1 –najbolj pomemben do 5 – najmanj pomemben*).

- 1 – oddaljenost od naselij _____
- 2 – oddaljenost od obstoječih cest _____
- 3 – oddaljenost od obstoječih daljnovodov _____
- 4 – hitrost vetra _____
- 5 – videz oz. vidno vključevanje v prostor _____